

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA
Y GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POST GRADO

Modelo de investigación hidrogeotécnica para embalses:

Región Ayacucho-Subregión Huanta

TESIS

para obtener el grado de Magíster en Geología con mención en Geotecnia

AUTOR

Demetrio Honorato Noa Pacheco

Lima – Perú

2006

INDICE

Agradecimiento	
Dedicatorias	
Contenidos	Páginas

RESUMEN

CAPITULO I INTRODUCCION

1.1.0	ANTECEDENTES.....	1
1.2.0	FORMULACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3.0	OBJETIVOS.....	3
	1.3.1 Objetivos Generales.....	3
	1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4.0	IMPORTANCIA DEL TEMA	4
1.5.0	HIPOTESIS	4
	1.5.1 VARIABLES.....	4
1,6,0	CARÁCTER NOVODOSO DEL PROYECTO Y ORIGINALIDAD....	5
1.7.0	METODOLOGIA.....	5
	1.7.1 Revisión y Acopio de Informaciones	5
	1.7.2 Elaboración del Esquema Hidráulico	5
	1.7.3 Fase de Campo I.....	5
	1.7.4 Procesamiento de información básica (gabinete)	5
	1.7.5 Cronograma de Estudio	6

CAPITULO II ESQUEMA HIDRAULICO

2.1.0	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	7
2.2.0	SITUACIÓN ACTUAL.....	7
2,3,0	ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS PLANTEADAS.....	8
	2,3,1 Sector Huamanguilla.....	10
	2,3,2 Sector Iguain (Macachacra).....	10
2,4,0	AREAS POR MEJORAMIENTO DE RIEGO.....	11
	2,4,1 Sector Agrícola Huamanguilla.....	12
	2,4,2 Sector Agrícola Iguain (Macachacra).....	12
	2.3.3 Cultivos más Frecuentes.....	13
2,5,0	FAMILIAS POR BENEFICIARSE.....	13
2.6.0	JUSTIFICACION.....	14

CAPITULO III HIDROLOGÍA

3.1.0	HIDROLOGIA GENERAL.....	16
	3.1.1 Hidrografía.....	16
	3.1.2 Parámetros Geomorfológicos.....	16
	3.1.3 Precipitación Pluvial.....	21
	3.1.4 Temperatura.....	23
	3.1.5 Evaporación.....	24
	3.1.6 Humedad Relativa.....	26

3.1.7	Viento.....	27
3.2.0	ECOLOGIA.....	27
3.3.0	HIDROLOGIA DEL PROYECTO.....	30
3.3.1	Balance Hidrológico.....	30
3.3.2	Capacidad de los Embalses.....	32
3.4.0	CALIDAD DE AGUA PARA FINES DE RIEGO.....	36
3.4.1	Conductividad Eléctrica (CE).....	36
3.4.2	Dureza Total.....	37
3.4.3	PH.....	37
3.4.4	Familia de Aguas.....	37
3.4.5	Aptitud para el Riego.....	37
3.4.5	Contenido de Boro.....	38
3.4.6	Potabilidad de las Aguas.....	38

CAPITULO IV SISMICIDAD REGIONAL

4.1.0	CARACTERISTICAS GENERALES.....	39
4.1.1	Tectónica de la Región.....	39
4.1.2	Sismicidad Histórica.....	39
4.1.3	Sismicidad Instrumental.....	41
4.1.4	Intensidad del Area Epicentral.....	42
4.2.0	ZONIFICACIÓN SÍSMICA.....	46
4.2.1	Sismos: Periodo 1982 – 1990.....	46
4.2.2	Sismos: Periodo 1991 – 1999.....	47
4.1.3	Sismos: Periodo 2000 – 2002.....	47
4.3.0	EVALUACIONES DE PARAMETROS SISMICOS.....	51
4.3.1	Aceleraciones Máximas.....	51
4.3.2	Coeficientes Sísmicos (g).....	51
4.3.3	Atenuaciones al Area del Proyecto.....	56
4.3.4	Relación: Intensidad vs Coeficiente sísmico.....	61
4.4.0	EVALUACION DEL RIESGO SISMICO.....	66
4.4.1	Periodo de Retorno.....	66
4.4.2	Probabilidad de Ocurrencia.....	66
4.4.3	Riesgo Sísmico.....	66

CAPITULO V GEOLOGIA LOCAL

5.1.0	MORFOLOGÍA SUPERFICIAL.....	68
5.1.1	Area: Embalse Yanacocha.....	68
5.1.2	Area: Embalse Azafrancucho.....	69
5.1.3	Unidades Morfogenéticas.....	71
5.2.0	ESTRATIGRAFIA DE SUPERFICIE.....	72
5.2.1	Grupo Mitu.....	72
5.2.2	Depósito Morrénico.....	75
5.2.3	Depósito Fluvio-Glaciario.....	75
5.2.4	Depósito Aluvial.....	76
5.2.5	Depósito Lacustrino.....	76
5.2.6	Depósito Bofedal.....	76
5.2.7	Depósito Coluvial.....	76
5.3.0	ESTRATIGRAFIA DEL SUBSUELO.....	77

5.3.1	Morfología de los Horizontes Geoeléctricos.....	77
5.3.2	Estratigrafía del Subsuelo.....	78
5.3.3	Equivalencia de Horizontes y Fases.....	81
5.4.0	ESTRUCTURAS GEOLOGICAS.....	82
5.4.1	Geoanticlinal Comas – Tambo.....	82
5.4.2	Plegamientos Laterales.....	82
5.4.3	Contactos Geológicos.....	82
5.5.0	CONDICIONES GEOLOGICAS SIMILARES.....	83

CAPITULO VI PROSPECCION GEOELECTRICA

6.1.0	CARACTERISTICAS GENERALES.....	87
6.1.1	Conceptos Teóricos.....	87
6.1.2	Metodología Aplicada.....	87
6.1.3	Equipo Geoeléctrico.....	90
6.2.0	ACTIVIDADES RELAIZADAS.....	90
6.2.1	Fase de Campo.....	90
6.2.2	Fase de Gabinete.....	92
6.3.0	CRITERIOS DE INTERPRETACION CUANTITATIVA.....	92
6.4.0	RESULTADOS OBTENIDOS.....	93
6.4.1	Tipos de curvas en los Sondajes.....	93
6.4.2	Columna Típica de los Horizontes.....	93
6.5.0	DESCRIPCION DE PERFILES GEOELECTRICOS.....	99
6.5.1	Embalse Yanacocha.....	100
6.5.2	Embalse Azafrancucho.....	104
6.6.0	ANALISIS COMPARATIVOS DE RESULTADOS.....	111
4.6.1	Previsión de actividades en superficie.....	111
6.6.2	Resultados Geoeléctricos.....	112

CAPITULO VII MATERIALES DE CIMENTACIÓN Y DE PRESTAMO

7.1.0	EMBALSE YANACOCCHA.....	118
7.1.1	Exploraciones Realizadas.....	118
7.1.2	Ensayos y Resultados.....	119
7.1.3	Descripción de los Tipos de Suelos.....	126
7.1.4	Evaluación de los Resultados.....	129
7.2.0	EMBALSE AZAFRANCUCHO.....	133
7.2.1	Exploraciones Realizadas.....	133
7.2.2	Resultados de los Ensayos.....	133
7.2.3	Descripción de los Tipos de Suelos.....	136
7.2.4	Evaluación de los Resultados.....	138
7.3.0	SIMILITUD DE RESULTADOS.....	139
7.4.0	MATERIALES DE PRESTAMO.....	140
7.4.1	Estudios Anteriores.....	141
7.4.2	Ubicación de Canteras.....	141
7.4.3	Exploración de Canteras.....	142
7.4.4	Resultado de los Ensayos según PERC.....	143
7.4.5	Resultados de los Ensayos según CISMID-UNI.....	145
7.4.6	Evaluación de Resultados.....	146

7.4.7 Cubicación de los Materiales.....	154
---	-----

CAPITULO VIII GEOTECNIA

8.1.0	EMBALSE AZAFRANCUCHO.....	156
8.1.1	Niveles Freáticos.....	156
8.1.2	Estanqueidades.....	156
8.1.3	Estabilidad de Laderas.....	157
8.1.4	Oleajes.....	158
8.1.5	Material de Cimentación.....	158
8.1.6	Vertientes de Agua.....	159
8.1.7	Probables Colapsos.....	159
8,2,0	EMBALSE YANACOCHA.....	160
8.2.1	Niveles Freáticos.....	160
8.2.2	Estanqueidad.....	160
8.2.3	Estabilidad de Laderas.....	160
8.2.4	Oleajes.....	161
8.2.5	Afloramientos de Agua.....	162
8.2.6	Material de Cimentación.....	162
8.2.7	Probables Colapsos.....	163

CAPITULO IX GEODINAMICA EXTERNA

9.1.0	PROCESOS GEODINAMICOS ANTERIORES.....	164
9.1.1	Procesos Tectónicos.....	164
9.1.2	Procesos Estructurales.....	164
9.1.3	Deglaciaciones en la Cordillera Oriental.....	165
9.1.4	Procesos de Deglaciaciones en la Zona del Proyecto.....	165
9.2.0	PROCESOS GEODINAMICOS PERMANENTES.....	166
9.2.1	Climatología.....	166
9.2.2	Procesos de Meteorización.....	167
9,2,3	Transporte de Sedimentos.....	167
9.2.4	Drenaje Superficial.....	169
9,3,0	PROCESOS DE GEODINAMICA INTERNA.....	170
9.3.1	Sismicidad Regional.....	170
9.4.0	VULNERABILIDAD FISICA.....	171

CAPITULO X DISEÑO HIDRAULICO

10.1.0	EMBALSE YANACOCHA.....	173
10.1.1	Estructura del Dique.....	173
10.1.2	Estructuras Conexas.....	175
10.1.3	Aliviadero de Excedencia.....	176
10.1.4	Caseta de Control y Guardianía.....	177
10.2.0	EMBALSE AZAFRANCUCHO.....	177
10.2.1	Estructura del Dique.....	177
10.2.2	Estructuras Conexas.....	179
10.2.3	Aliviadero de Excedencia.....	180
10.2.4	Camino de Acceso.....	181
10.2.5	Caseta de Control y Guardianía.....	181

10.3.0	CONSIDERACIONES Y CRITERIOS.....	181
10.3.1	Diseños Hidráulicos.....	181
10.3.2	Diseños Estructurales.....	182
10.4.0	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	182
10.4.1	Operación.....	182
10.4.2	Mantenimiento.....	182

CAPITULO XI: COSTOS Y PRESUPUESTOS DE OBRAS

11.1.0	INTRODUCCION.....	186
11.2.0	COSTOS UNITARIOS.....	186
11.3.0	METRADOS.....	186
11.4.0	PRESUPUESTOS GENERALES.....	186
11.4.1	Embalse Yanacocha.....	186
11.4.2	Embalse Azafrancucho.....	187
11.5.0	CRONOGRAMAS DE OBRAS.....	188
11.5.1	Embalse Yanacocha.....	188
11.5.2	Embalse Azafrancucho.....	188

CAPITULO XII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1.0	CONCLUSIONES	191
12.2.0	RECOMENDACIONES	193

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	195
-----------------------------------	------------

RELACION DE CUADROS

Nº	Nombre	Páginas
----	--------	---------

VAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

1.01	Cronograma de Estudios Básicos.....	6
------	-------------------------------------	---

CAPITULO II: ESQUEMA HIDRAULICA

2,01	Areas de Beneficio con el Proyecto	12
2.02	Usuarios Beneficiarios con el Proyecto	14

CAPITULO III: HIDROLOGIA

3,01	Resumen de Parámetros Hidrofisiográficos.....	21
3.02	Estaciones Seleccionadas.....	21
3.03	Precipitación Pluvial de las Estaciones Bases.....	22
3.04	Precipitación Pluvial en los Puntos de Interés.....	23
3.05	Localización de las Estaciones de Interés.....	23
3.06	Altitudes y Temperaturas Medias.....	24
3.07	Temperatura Media Anual.....	24

3.08	Estaciones y Registros de Evaporación Total.....	25
3.09	Altitud y Evaporación Media.....	25
3.10	Evaporación Media Anual.....	26
3.11	Registros de Humedad Relativa.....	26
3.12	Humedad Relativa Media Anual.....	27
3.13	Registro de Velocidad del Viento.....	27
3.14	Balance Hídrico: Yanacocha.....	31
3.15	Balance Hídrico: Azafrancucho.....	31
3.16	Area Volumen del Embalse Yanacocha.....	32
3.17	Area Volumen del Embalse Azafrancucho.....	36

CAPITULO IV: SISMICIDAD REGIONAL

4.01	Equivalencia de Parámetros Sísmicos.....	43
4.02	Sismos Instrumentales, periodo 1982 – 1990.....	43
4.03	Sismos Instrumentales, Periodo 1991 – 1999.....	44
4.04	Sismos Instrumentales, Periodo 2000 – 2002.....	45
4.05	Sismos ocurridos en la Región.....	46
4.06	Profundidades Focales y Distribución.....	46
4.07	Aceleraciones Máximas y Coeficientes Sísmicos, Periodo 1992 -1990.....	52
4.08	Aceleraciones Máximas y Coeficientes Sísmicos, Periodo 1991 – 1999.....	53
4.09	Aceleraciones Máximas y Coeficientes Sísmicos, Periodo 2002 – 2002.....	54
4.10	Atenuaciones Sísmicas, Periodo 200 – 2002.....	56
4.11	Resumen de Atenuaciones al Area de los Embalses.....	57
4.12	Relación: Intensidades y Coeficientes Sísmicos, Periodo 1982 – 1990.....	61
4.13	Relación: Intensidades y Coeficientes Sísmicos, Periodo 1991 – 1999.....	61
4.14	Relación: Intensidades y Coeficientes Sísmicos, Periodo 2000 – 2002.....	62
4.15	Periodo de Retorno, Probabilidad y Riesgo Sísmico.....	67

CAPITULO V: GEOLOGIA LOCAL

5.01	Columna Estratigráfica Local; Embalses Azafrancucho y Yanacocha	74
5.02	Equivalencia de Horizontes y Fases de Depositación.....	82

CAPITULO VI: PROSPECCION GEOELÉCTRICA

6.01	Rangos de Resistividades Eléctricas.....	88
6.02	Sondajes Geoeléctricos: Embalse Yanacocha.....	90
6.03	Sondajes Geoeléctricos: Embalse Azafrancucho.....	91
6.04	Resultados Geoeléctricos Eje PA-PB Embalse Yanacocha.....	96
6.05	Resultados Geoeléctricos Ejes A-A', B-B' y C-C', Embalse Yanacocha.....	97
6.06	Resultados Geoeléctricos Eje PA-PB Embalse Azafrancucho.....	98

6.07	Resultados Geoeléctricos Zona de Inundación, Embalse Azafrancucho.....	99
------	--	----

CAPITULO VII: MATERIALES DE CIMENTACION Y DE PRESTAMO

7.01	Calicatas de la Zona de Cierre.....	118
7.02	Ensayos Estándares.....	119
7.03	Ensayos Estándares.....	121
7.04	Permeabilidad del Eje PA-PB.....	124
7.05	Densidades del Eje PA-PB.....	124
7.06	Ensayos Especiales del Eje PA-PB.....	125
7.07	Consolidación Unidimensional.....	125
7.08	Calicatas Exploratorias.....	133
7.09	Ensayos Generales.....	134
7.10	Límites de Consistencia.....	136
7.11	Cantera "A" Semi-impermeables, Km 0+500.....	142
7.12	Cantera "A" Semi-impermeable, Km 1+500.....	142
7.13	Cantera "C" Impermeable, Km 4+700.....	142
7.14	Cantera "C" Impermeable, Km 5+800.....	142
7.15	Cantera "B" Semi-impermeable, Km 1+100.....	143
7.16	Cantera "C" Impermeable, Km 4+500.....	143
7.17	Cantera "D" Impermeable, km 5+500.....	143
7.18	Cantera "A", Semi-impermeable, Km 0+500 y 1+500.....	143
7.19	Cantera "B", Semi-impermeable, km 1+100.....	145
7.20	Cantera "B", Impermeable, km 4+700.....	145
7.21	Cantera "C" Impermeable, Km 5+800.....	145
7.22	Cantera "C" Impermeable, Km 4+500.....	145
7.23	Cantera "D" Impermeable, Km 5+500.....	146
7.24	Cubicación: Volumen de Materiales.....	155

CAPITULO VIII: GEOTECNIA

8,01	Posición de la Corrientes Aéreas (Embalse Azafrancucho)	158
6,02	Posición de las Corrientes Aéreas (Embalse Yanacocha)	161

CAPITULO IX: GEODINAMICA EXTERNA

9,01	Volumen de Sedimentos por Diferentes Métodos: Embalse Yanacocha.....	169
------	---	-----

CAPITULO XI: COSTOS Y PRESUPUESTOS DE OBRAS

11.01	Resumen del Presupuestos de Obras, Embalse Yanacocha....	187
11.02	Resumen del Presupuestos de Obras, Embalse Azafrancucho	187
11.03	Cronograma de Ejecución de Obra, Embalse yanacocha.....	189
11,04	Cronograma de Ejecución de Obra, Embalse Azafrancucho....	190

RELACION DE FIGURAS

Nº	Nombre	Página
CAPITULO II: ESQUEMA HIDRAULICO		
1,01	Ubicación del Proyecto.....	9
CAPITULO III: HIDROLOGIA		
3.01	Drenaje Micro cuenca Río Cachi.....	18
3.02	Zonas Ecológicas.....	28
3.03	Relación Area – Volumen: Embalse Yanacocha.....	33
3.04	Relación Area – Volumen: Embalse Azafrancucho.....	34
CAITULO IV: SISMICIDAD REGIONAL		
4.01	Zona Sísmica: Periodo de Sismos 1982 – 1990.....	48
4.02	Zona Sísmica: Periodo de Sismos 1991 – 1999.....	49
4.03	Zonas Sísmicas: Periodo de Sismos 2000 – 2002.....	50
4.04	Atenuación de Aceleraciones Máximas: áreas Epicentral y Embalses.....	58
4.05	Atenuación de Coeficiente Sísmico (g): Areas Epicentral y Embalses.....	59
4.06	Atenuación promedio y diferencia entre Embalses.....	60
4.07	Relación: Intensidades vs Coeficiente Sísmico, Periodo 1982-1990.....	63
4.08	Relación: Intensidad vs Coeficiente Sísmico, Periodo 1991 - 1999.....	64
4.09	Relación: Intensidad vs Coeficiente Sísmico, Periodo 2000 - 2002.....	65
CAPITULO V: GEOLOGIA LOCAL		
5.01	Subunidades Morfogenéticas locales.....	70
5.02	Valles Ríos Azafrancucho y Yanacocha.....	73
5.03	Plegamientos laterales.....	84
5.04	Perfil Geológico A-B.....	85
CAPITULO VI: PROSPECCION GEOELECTRICA		
6.01	Sondaje Geoeléctrico (SEV N° 25).....	94
6.02	Sondaje Geoeléctrico (SEV N° 29).....	95
CAPITULO VII: MATERIALES DE CIMENTACION Y DE PRESTAMO		
7.01	Carta de Plasticidad: Embalse Yanacocha (según (PERC).....	120
7.02	Carta de Plasticidad: Embalse Yanacocha (según CISMID-	

	UNI)	122
7.03	Carta de Plasticidad Embalse Azafrancucho (según PERC)....	135
7.04	Carta de Plasticidad según PERC.....	144

CAPITULO IX DISEÑO HIDRÁULICO

9.01	Perfil del dique Yanacocha.....	183
9.02	Perfil del dique Azafrancucho.....	184

RELACION DE PLANOS

CAPITULO II: ESQUEMA HIDRAULICO

2.01	Esquema Hidráulico
------	--------------------

CAPITULO V: GEOLOGIA LOCAL

5.01	Geología del Embalse Yanacocha
5.02	Geología de la Zona de Cierre y Ubicación de los SEVs, Embalse Yanacocha
5.03	Perfil Geológico PA-PB, Embalse Yanacocha
5.04	Perfil Geológico A-A', Embalse Yanacocha.
5.05	Perfiles Geológicos B-B', y C-C', Embalse Yanacocha.
5.06	Perfiles Geológicos D-D', E-E', F-F', Embalse Yanacocha
5.07	Geología y Mecánica de Suelos, Zona de Inundación, Embalse Azafrancucho.
5.08	Geología y Mecánica de Suelos Zona de Cierre, Embalse Azafrancucho
5.09	Perfil Geológico eje PA-PB, A-A' y B-B', Embalse Azafrancucho
5.10	Perfiles Geológicos A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', Embalse Azafrancucho.
5.11	Perfiles Geológicos G-G' y H-H', Embalse Azafrancucho
5.12	Perfil Geológico I – I', Embalse Azafrancucho.

CAPITULO VI: PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

6.01	Perfil Geoeléctrico PA-PB, Embalse Yanacocha
6.02	Perfil Geoeléctrico A-A', Embalse Yanacocha
6.03	Perfil Geoeléctricos B-B', C-C', Yanacocha
6.04	Perfil Geoeléctrico PA-PB, Embalse Azafrancucho.
6.05	Perfiles Geoeléctricos A-A', B-B', C-C', D-D', E-E', F-F', Embalse Azafrancucho

CAPITULO VII: MATERIALES DE CIMENTACION Y DE PRESTAMO

7.01	Mecánica de Suelos: Zona de Cierre Embalse Yanacocha
7.02	Perfil Tipos de Suelos y otros, eje PA – PB Embalse Yanacocha
7.03	Perfil: Tipos de Suelos, eje PA –PB Embalse Azafrancucho
7.04	Materiales de Préstamo

CAPITULO VIII: GEOTECNIA

- 8.01 Perfil Geotécnico eje PA – PB, Embalse Yanacocha
- 8.02 Perfil Geotécnico eje PA – PB, Embalse Azafrancucho

ANEXOS

- Album de Fotografías
- Glosario de Términos

CAPITULO I

INTRODUCCION

El Proyecto de Irrigación fue concebida para mejorar el riego del sector agrícola Huamanguilla, cuenta con estudios parciales (algunas especialidades), y se había intentado la construcción de la presa Yanacocha; posteriormente, dichos estudios fueron revisados por los consultores, deduciéndose como incompletos y recomiendan la ejecución de estudios básicos complementarios cuyos resultados alcance el nivel de factibilidad para considerarla viable.

Frente a esta situación, el Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA, en base a la evaluación de los recursos naturales disponibles (suelos y agua) ha formulado un nuevo Esquema Hidráulico Integral; incorporando al sistema el sector agrícola Iguain (Macachacra); el esquema está conformado por dos micro cuencas contiguas de recepción hídrica independientes, un embalse en cada micro cuenca (Azafrancucho y Yanacocha), proyección de nuevos canales en niveles superiores (Huamanguilla II y Macachacra II con sus respectivos reservorios), para beneficiar dos sectores de riego contiguas e independientes y con miras de aplicar en el futuro el sistema de riego tecnificado.

Para la ejecución de los estudios básicos complementarios, se ha concebido el “modelo de investigaciones hidrogeotécnicas”, y la definición de los variables dependientes del Esquema Hidráulico.

La secuencia de los estudios básicos complementarios se ha ejecutado de acuerdo al cronograma de actividades formulados, centrándose con énfasis en la cimentación de ambos diques (por ser estructuras hidráulicas más importantes) entre otras, de este modo se ha concretado con los objetivos específicos; y cuyos resultados alcanzan el nivel de factibilidad, lo que ha permitido la ejecución de los diseños hidráulicos y estructuras conexas respectivos.

La definición de éste Modelo de Investigación Hidrogeotécnico y la ejecución de los estudios básicos complementarios, ha generado una expectativa entre los usuarios, considerándose como una probable solución definitiva y una mejora en la situación socio-económica de los habitantes de los sectores agrícolas involucrados.

1.1.0 ANTECEDENTES

El Proyecto de Irrigación Huamanguilla cuenta con los siguientes estudios realizados anteriormente, que en orden cronológico son:

- En 1980 la Ex COFRA (Corporación de Fomento de Ayacucho), concibe el Proyecto de Irrigación Huamanguilla destinado a mejorar el riego de su campiña, regulando las aguas en la laguna Yanacocha mediante un represamiento.

- En 1996, el Proyecto Especial Río Cachi (PERC), desarrolla y complementa los estudios básicos a nivel definitivo del embalse Yanacocha, quedándose inconclusas todas las actividades de gabinete por razones presupuestales.

- Entre los años de 1996-97, el Ing. Luís Soto por encargo de la Municipalidad de Huamanguilla, culmina las actividades pendientes del estudio anterior, cuyo Expediente Técnico fue entregado al Concejo Transitorio de Administración Regional (CTAR Wari), con la finalidad de proceder a la construcción de la presa.

El Expediente Técnico fue sometido a un análisis riguroso por parte de la CTAR Wari, recomendando que ciertos aspectos del Expediente sean corregidos y llevados a un nivel de detalle para justificar la inversión de la Obra.

- En junio de 1997 el Consultor Erasmo Matos E, desarrolla el Estudio Hidrológico, recomendando que el esquema de obras sea revisado minuciosamente, de manera que sea más económico y de fácil construcción.

- En setiembre de 1997 -1978, el CISMID-UNI, ejecuta el estudio Geológico-Geotécnico de la Presa Yanacocha, enfocando principalmente al material de cimentación del eje PA-PB, mediante calicatas y ensayos (Mecánica de Suelos), recomendando el dique del tipo de tierra zonificada, así como localiza y define los materiales de préstamo en el área de influencia del Proyecto.

- En los 1998-99, la CTAR Wari inicia la construcción de la presa bajo la modalidad de “Administración Directa”, durante esta actividad la obra fue objeto del ataque frontal como resultado de la coyuntura socio político del país (terrorismo), motivo por el cual fue paralizada.

- Entre los años 1999-2000 a solicitud de la CTAR Wari el INRENA, realiza la evaluación de los estudios básicos ejecutados anteriormente, observando la falta de un Esquema Hidráulico Integral y debe incluirse al sector agrícola Macachacra con embalse propio en el río Azafrancucho, ya que el proyecto existente sólo considera el embalse en la Laguna Yanacocha para beneficio exclusivo del sector agrícola Huamanguilla

1.2.0 FORMULACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector agrícola Huamanguilla actualmente hace uso del agua proveniente de la laguna Yanacocha regulada por un pequeño dique artesanal, cuyo caudal no abastece la demanda hídrica del sector, y para compensar derivan las aguas del Río Azafrancucho, aún así tienen déficit hídrico en la época de siembra de la campaña grande.

Mientras tanto, el sector agrícola Iguaín (Macachacra) se encuentra restringido a una mínima extensión de riego por falta del recurso hídrico, en el resto del área se practica los cultivos en secano, no obstante las

aguas del Río Azafrancucho se desarrollan en su jurisdicción y por ello tienen derecho de hacer uso de este recurso natural.

En consecuencia, existe una confrontación permanente entre los usuarios, uno por reclamar su derecho y otro por hacer prevalecer el uso desde antaño.

A pesar de este evidente problema hídrico, los estudios anteriores estaban concebidos para beneficio exclusivo del sector Huamanguilla, las revisiones por parte de los consultores y el INRENA dieron la razón y recomendaron un nuevo Esquema Hidráulico más integral y la ejecución de estudios básicos complementarios a un nivel de factibilidad.

El planteamiento consiste en la concepción de un nuevo Esquema Hidráulico para el aprovechamiento de los recursos naturales y beneficio de los sectores agrícolas vecinos de Huamanguilla y Macachacra.

1.3.0 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

Elaborar un Modelo Hidrogeotécnico para realizar la evaluación Geológico – Geotécnico de las condiciones físicas e hidráulicas de los materiales de cimentación, en los ejes propuestos PA – PB de los embalses Azafrancucho y Yanacocha.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Definir el Balance Hidrológico y calidad de las aguas en las microcuencas de Yanacocha y Azafrancucho.

Realizar el levantamiento topográfico de las áreas (cierre e inundación) en los embalses propuestos a las escalas de diseños del Nivel de Factibilidad 1: 500 y 1:2000.

Identificar y describir las unidades estratigráficas, estructurales y geomorfológicas en las zonas de los embalses.

Determinar las resistividades geoelectricas de los materiales del subsuelo en las zonas de represamientos (cierre e inundación).

Caracterizar las propiedades físicas e hidráulicas de los materiales de cimentación mediante ensayos (Mecánica de Suelos).

Evaluar y clasificar geotécnicamente los materiales de cimentación.

Evaluar la estabilidad física de los taludes en el área de los embalses.

Determinar los parámetros dinámicos de los sismos (aceleración máxima y coeficiente sísmico g), atenuaciones al áreas de los embalses y el riesgo sísmico.

Identificar y cuantificar los materiales de préstamo.

1.4.0 IMPORTANCIA DEL TEMA

El nuevo Esquema Hidráulico planteado y el nivel del estudio de factibilidad realizado es importante para la solución de problemas concretos de la sociedad, la ciencia y la tecnología, sobretodo para evitar cuando el manejo de los proyectos hidráulicos no es el adecuado, la operación y regulación de los embalses derivan en un deterioro gradual de las estructuras hidráulicas, afectando la calidad de vida de los campesinos y el aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales.

En consecuencia, la implementación de un adecuado programa de investigaciones técnicas a un nivel de factibilidad se hace necesaria, el cual nos permitirá revertir esta situación debido a una definición técnica y ambiental de las variables.

En materia de proyectos hidráulicos siempre se debe procurar que las variables dependientes del esquema deben definirse adecuadamente, ajustándose a los objetivos específicos y nivel de estudios, para evitar los posibles contrastes.

El presente trabajo, pretende proponer una metodología de investigaciones hidrogeotécnicas como soporte técnico al desarrollo agrícola de la Región desde los puntos de vistas hidrológico, sismicidad, geológico, geoelectrico, Mecánica de Suelos y geotécnico, sirvan de apoyo al diseño de las estructuras hidráulicas, que se desarrollarán para alcanzar el nivel de factibilidad deseado, que luego permitirá la ejecución como obra y su posterior regulación en beneficio de los usuarios en los sectores agrícolas de Huamanguilla y Macachacra.

1.5.0 HIPOTESIS

La concepción de un modelo de Investigaciones Hidrogeotécnicas donde se evalúe los aspectos hidrológicos, sismicidad, geológicos, geoelectrico, mecánica de suelos y geotécnico, que definirán el esquema hidráulico para un mejor aprovechamiento óptimo de los recursos naturales existentes (agua y suelo), dándole usos más racional y planificado.

1.5.1 VARIABLES

La variable independiente es:

Concepción de un modelo de investigaciones hidrogeotécnicas.

La variable dependiente es:

Definición del Esquema Hidráulico para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales (agua y suelo).

1.6.0 CARACTER NOVEDOSO DEL PROYECTO - ORIGINALIDAD.

Teniendo en cuenta que, los sectores agrícolas (Huamanguilla y Macachacra) no disponen del Proyecto de Irrigación debidamente desarrollado, la originalidad del presente consiste en la disponibilidad del Estudio Hidrogeotécnico de los embalses (Azafrancucho y Yanacocha) a un Nivel de Factibilidad, la misma se caracteriza por ser viables para la ejecución de los diseños hidráulicos correspondientes, que luego permitirá pasar a las siguientes fases de obra y regulación posterior, esto significa en gran medida una solución hídrica para los usuarios.

Este modelo de investigación hidrogetécnica es aplicable en otros proyectos similares (tamaños medianos a grandes) que tengan condiciones hidrológicas como la oferta y demanda hídrica, y geológico - geotécnico aparentes, pero no es aplicable en proyecto de pequeños embalses.

1.7.0 METODOLOGIA

En el desarrollo del Estudio de la presente tesis se ha hecho uso del Método Exploratorio y Aplicativo, que consiste en el desarrollo de las investigaciones en varias etapas.

1.7.1 REVISION Y ACOPIO DE INFORMACIONES

La primera actividad consiste en el acopio de los estudios realizados anteriormente, el análisis de sus contenidos, los mismos son relacionados con las normas técnicas que regulan los estudios de proyectos hidráulicos.

1.7.2 ELABORACION DEL ESQUEMA HIDRAULICO

Con la información de los estudios existentes y el reconocimiento del área del Proyecto, se ha elaborado un nuevo Esquema Hidráulico Integral, en la cual se ha definido todos los componentes, ver Capítulo II.

1.7.3 FASE DE CAMPO I

En consideración a los objetivos específicos y la hipótesis planteada, y teniendo en cuenta el Nivel de Factibilidad requerida, se ha ejecutado secuencialmente los estudios básicos complementarios para definir los variables dependientes, concentradas en las zonas de cierres e inundaciones en los embalses propuestos.

1.7.4 PROCESAMIENTO DE INFORMACION BASICA (GABINETE)

El conjunto y volumen de informaciones obtenidas, luego de seleccionar y ordenar los resultados se ha definido con criterio las variaciones tanto en profundidad y lateralmente, tanto de anomalías litológicas, discontinuidades estructurales, y zonas erráticas.

Esquematisado todas las variables geognósticas, se ha caracterizado las variables geotécnicas, y proyectado con acierto los niveles de cimentaciones (dentellones), e impermeabilizaciones para obtener buena estanqueidad, necesarios en el diseño de las Infraestructuras Hidráulicas

Se ha realizado también una somera referencia bibliográfica referente a las fórmulas, métodos de análisis y descripciones, y los procedimientos empleados, finalmente la tabulación de los resultados en las variables investigadas.

En la elaboración de los planos (planta, perfiles longitudinales y transversales), se plotearon las calicatas, los SEVs; los resultados se resumieron en cuadros, figuras y planos, y finalmente la Memoria Descriptiva

1.7.5 CRONOGRAMA DE ESTUDIO

La ejecución del presente trabajo ha demandado un periodo de ocho meses, según el siguiente cronograma.

Cuadro Nº 1.01

CRONOGRAMA DE ESTUDIOS BASICOS

Fase / Actividades	M E S E S								Total
	01	02	03	04	05	06	07	08	
Revisión Bibliográfica	■								01
Esquema Hidráulica		■							01
Campo I Investigaciones			■	■	■	■			03
Procesamiento de Información				■	■	■			02
Campo II Verificación						■	■		01
Procesamiento Final de inform.						■	■	■	02
Elaboración de Tesis		■	■	■	■	■	■	■	07

CAPITULO II

ESQUEMA HIDRAULICO

2.1.0 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El Proyecto de Irrigación está ubicado al SE del país, Región Ayacucho, Sub Región Huanta, distritos Huamanguilla e Iguain (Macachacra); flanco Occidental de la Cordillera Oriental, delimitada con las coordenadas geográficas 70°09'00" (cerro Condorshinga) al 74°15'00" (cerro Patanca) de Longitud Oeste, y 12°56'07" (cerro Yanahuacra) al 13°01'07" (Pampa La Vega) de Latitud Sur, ver figura N° 2.01.

Las áreas de los embalses Azafrancucho y Yanacocha son accesibles mediante carretera asfaltada (Huamanga – Pampa La Vega), afirmada hasta la localidad de Huamanguilla, y trocha carrozable hasta la laguna Yanacocha (4 km), que hacen en total una longitud de 51 km desde la capital Regional Huamanga.

2.2.0 SITUACIÓN ACTUAL

El sector Huamanguilla desde antaño hace uso de las aguas provenientes de la laguna Yanacocha, la cual es captada y conducida mediante un canal ubicado en la parte inferior, con lo cual riega al subsector Chinchaysuyo y para complementar la demanda hídrica aprovecha las aguas del río Azafrancucho, con captación en "Yacurraquina" y derivada en canal rústico para empalmar al canal mencionado. Por otra parte, para el riego del subsector Anta hacen uso de las aguas del río Yuncuna mediante captaciones y canales, con lo cual complementan el riego del sector.

En cambio, Macachacra tiene racionada el uso del agua, sólo aprovecha los excedentes del canal Huamanguilla I y los aportes de afloramientos existentes en el río Ayahuarcuna, mediante una captación y derivación en canal para el riego de su sector agrícola ubicado en la parte baja, quedándose la parte superior con mayor extensión sin riego por dos razones: primero, falta de una infraestructura de riego por la parte alta; segundo, las aguas del río Azafrancucho por tradición beneficia al sector Huamanguilla no obstante la fuente hídrica se desarrolla en su jurisdicción, obligando a los campesinos a la práctica de cultivos en secano.

El Esquema Hidráulico inicial plantea la regulación de la Laguna Yanacocha mediante el represamiento, y además el uso continuo del río Azafrancucho, para el riego del sector Huamanguilla, mientras para el sector agrícola Macachacra no se había considerado ninguna estructura hidráulica que también debe ser beneficiado.

Ante esta situación, se ha creído conveniente realizar un reordenamiento de los recursos hídricos existentes, regulando las aguas en embalses ubicados en cada río durante los periodos húmedos del año, en los cuales se podría almacenar cierto volumen de agua, luego con la regulación y conducción para cada sector agrícola y aplicando el sistema de riego tecnificado se puede superar el déficit hídrico presentado, especialmente en el periodo la siembra de la campaña grande; además el sector Huamanguilla sólo necesita el mejoramiento de riego (época de siembra), en tanto el sector Macachacra necesita tanto el mejoramiento como la ampliación de la frontera agrícola a través del nuevo canal proyectado por la parte superior.

De este modo, cada sector agrícola sería independiente con respecto al recurso hídrico, con sus propios embalses y canales de derivación (hipótesis).

Por otro lado, es loable la iniciativa de la Ex CTAR Wari (hoy Región Ayacucho), la aplicación del sistema de riego tecnificado en ambos sectores (micro aspersión / goteo), teniendo en cuenta la textura del suelo agrícola predominantemente fino y aplicando la cédula de cultivos más apropiados, con la finalidad de hacer uso más racional del agua y obtener dos campañas agrícolas al año.

Asimismo, innovando el sistema de riego tecnificado, probablemente se generarían excedentes, estos caudales podrían derivarse a otros sectores como Alccohuillca (Molinoyoc) mediante un sifón, a Pacaycasa y / ó Huari; sectores vecinos e históricos que carecen del recurso hídrico.

2,3,0 ESTRUCTURAS HIDRAULICAS PLANTEADAS

Por los aspectos generales descritos, se ha replanteado un Nuevo Esquema Hidráulico, para ser analizado en esta etapa de estudios a Nivel de Factibilidad, ampliando los conocimientos básicos en varias especialidades inherentes.

El Proyecto de Irrigación estaría conformado por las siguientes estructuras hidráulicas, indicados en el Plano N° 2,01.

A.- Sector Huamanguilla

- Embalse en el río Yanacocha
- Canal Huamanguilla II (Proyectado)
- Dos reservorios Proyectados: Moyorina y Unsallay
- Conjunto de Obras de arte menor

B.- Sector Iguain (Macachacra)

- Embalse en el río Azafrancucho
- Canal Macachacra II (proyectado)
- Dos reservorios proyectados: Quimsa Cruz y Jarapa
- Conjunto de obras de arte menor

2,3,1 SECTOR HUAMANGUILLA

A.- EMBALSE EN EL RÍO YANACocha

En el cauce del río Yanacocha está proyectado el eje PA-PB del embalse a unos 100 metros aguas abajo de la laguna del mismo nombre, a 4000 msnm de altitud, un dique de tierra zonificada, con material de cimentación conformados por depósitos Fluvio Glacial y Morrena, con altura del dique máximo de 20 metros, para una capacidad de almacenamiento máximo de 4.0 MMC, cuya área de recepción hídrica es de 3.27 km².

B.- CANAL HUAMANGUILLA II

La captación está ubicada aguas abajo del dique, a una altitud de 3 893 msnm, diseñado con barraje sumergido, canal de limpia, desripador, aliviadero de demasías y muros de encauzamiento en los laterales.

El canal de conducción está proyectado en la margen izquierda del río Yanacocha – Ayahuarcuna, con longitud de 5+151 km, sección trapezoidal a rectangular, pendientes $s = 0.001$, $s = 0.0005$ y $s = 0.003$, diferenciando hasta seis (6) tipos de secciones variables en los taludes, será revestida con concreto simple $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, la capacidad de conducción será 800 l/s; el material de cimentación varía desde roca fija, roca suelta y materiales sueltos con longitudes y porcentajes variables.

C.- RESERVORIOS

Están proyectados el diseño de dos reservorios para el almacenamiento, ubicados en las progresivas 2+242 km Moyorina, y 4+800 km Unsallay, emplazados en roca de naturaleza volcánica para una capacidad de 1 900 MC, las estructuras típicas de muros serán trapezoidales, reboce, limpia, servicio, entrada, desarenador, losa de fondo y rápida.

D.- OBRAS DE ARTE MENORES

Como medida de seguridad física en la ruta del canal principal “Huamanguilla II” de acuerdo al estado físico del material de cimentación y la fisiografía del área, se ha considerado un conjunto de obras de arte menor como son:: 3 rápidas, 1 puente peatonal, 1 puente carrozable, 22 canoas, 2 tomas laterales, 36 muros (tramos) de contención y canal reforzado.

2,3,2 SECTOR IGUAIN (MACACHACRA)

A.- EMBALSE RÍO AZAFRANCUCHO

En el cause del río Azafrancucho está proyectado el eje PA-PB del embalse, teniendo en consideración la amplitud y longitud del área de inundación, a 4050 msnm de altitud, el dique será de tierra zonificada, el

material de cimentación está conformado por los depósitos Fluvio Glacial y Morrena, la altura del dique será de 30 metros, para una capacidad de almacenamiento máximo de 6.0 MMC, y cuya área de recepción hídrica es de 9.114 km².

B.- CANAL MACACHACRA II

La proyección de este canal tiene dos captaciones; la captación N° 01 ubicado a 3823.500 msnm en el cause del río Azafrancucho, con repartición de dos ventanas, diseñada para contrarrestar una máxima avenida de 2,5 MC/seg., será de barraje fijo, con caudal de captación de 1.0 MC/seg para el canal Macachacra II, y 0.3 MC/seg., para el canal Huamanguilla I (margen izquierda).

La captación N° 02 está ubicada en la Quebrada Laja y progresiva 1+364.75 km, diseñada para contrarrestar la máxima avenida de 2.0 MC/seg, la capacidad de captación es la misma indicada en la captación N° 01.

El canal está proyectado por la margen derecha del río Ayahuaruncuna, tiene 5+849 km de longitud, para conducir un caudal de 1.0 MC/seg., tendrá hasta nueve tipos de secciones trapezoidales, pendientes variados, revestidos con concreto simple $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, el material de cimentación consiste de roca fija, roca suelta y materiales sueltos cuyas longitudes varían por tramos.

C.- RESERVORIOS

En la ruta del canal están proyectados dos reservorios de almacenamiento, ubicados en las progresivas 4+025 km Quimsa Cruz y 6+093.93 km Jarapa,

Cada reservorio tendrá capacidad de 1.900 MC, el material de cimentación es el Depósito Morrénico; el diseño considera estructuras tipos de muros sección trapezoidal, reboce, limpia, servicios, entrada, desarenador, losa de fondo y rápida.

D.- OBRAS DE ARTE MENORES

En la proyección del canal por razones de fisiografía del terreno, materiales de cimentaciones y seguridad física, se ha diseñado un conjunto de obras de arte, conformadas de 4 puentes peatonales, 3 caídas, 6 rápidas, 1 acueducto, 1 tramo de conducto cubierto, 13 canoas, 2 tomas laterales, 25 tramos con muros de contención y 1 entrega a la Quebrada Jarapa (final del canal).

2,4,0 AREAS POR MEJORAMIENTO DE RIEGO

El sistema hidráulico propuesto beneficiará directamente a los sectores agrícolas de Huamanguilla y Macachacra, ubicadas en la

parte inferior de los embalses indicados en los cuadros N° 2,01 y 2,02, y con probabilidad de alcanzar a otros sectores como Alccohuilla, Pacaycasa y/o Huari, siempre que se aplique el sistema de riego tecnificado (micro aspersión / goteo).

2.4,1 SECTOR AGRÍCOLA HUAMANGUILLA

En ambos sectores agrícolas existen Comisiones de Regantes, que dependen de la Administración Técnica del Distrito de Riego Huanta.

En este sector de Huamanguilla existen dos Comisiones de regantes, el subsector Chinchaysuyo conformado por ocho pagos, irrigado con las aguas provenientes de los río Azafrancucho – Yanacocha a través del canal Huamanguilla I existente.

El subsector Anta conformado por catorce pagos, irrigado con las aguas provenientes del río Yuncuna (lado Este), que tiene como fuente a las filtraciones existentes en las partes altas (micro cuencas Chorroccasa y Yanaccacca), es captado en la parte inferior y conducida mediante canales para el riego.

En el sector de riego Huamanguilla de manera general permitirá el mejoramiento de riego a 2 030.78 Has, según el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 2,01

AREAS DE BENEFICIO CON EL PROYECTO

Tipos de áreas	Huamanguilla	Iguaín (Macachacra)	Total Has.
Mejoramiento	2 030.78 *	1 274.6	3 305.38
Ampliación	- - - - -	1 782.24	1 782.24
Totales	2 030.78	3 056.88	5 087.05
No agrícola			7 717.12

* Corresponde al subsector Chinchaysuyo.

2.4.2 SECTOR AGRÍCOLA IGUAIN (MACACHACRA)

La Comisión de Regantes en este sector está conformado por siete pagos (Quispicancha, Huayhuaccasa, Yanaccasa, Macachacra, Orconcocha, Pantacca y P'aquec); a esta administración se espera que en el futuro se incorporarán otros tres subsectores: (Quimsa cruz, Trancapampa y Pumahuasi) cuando se ejecute el canal Macachacra II proyectado y el embalse Azafrancucho.

Los actuales sub sectores de riego (parte baja) son alimentados por los caudales excedentes de las captaciones Azafrancucho y Yanacocha, más algunas afloramientos ubicadas en el cauce del río Ayahuarcuna aguas abajo de la confluencia.

Según el (Cuadro 2.01), el sector de riego Iguain (Macachacra) abarcará 3 056.64 Has entre mejoramiento y ampliación.

2.4.3 CULTIVOS MÁS FRECUENTES

Los cultivos alto andinos practicados con frecuencia son: papa, olluco, quinua, habas, trigo y cebada; el maíz atacado por mantillo rojo tiene limitada su producción; sin embargo son de mayor importancia en la comercialización y al intercambio.

Respecto a la producción de hortalizas, principalmente en el sector de Huamanguilla predomina los cultivos de col, zanahoria, cebolla roja arequipeña, ajos; arvejas y frijoles; apio, nabo y beterraga; no obstante las limitaciones del recurso hídrico tienen rendimientos bastante regulares.

Las principales actividades para el inicio de la campaña agrícola son: barbecho, riego, siembra, fertilización, labores culturales, control fitosanitario y cosecha; muchos usuarios guardan su propia semilla, sin embargo se requiere innovación de semillas certificadas, adquiriéndolos de los productores de hortalizas y en las casas agropecuarias de las ciudades de Huanta y Huamanga.

Los productos agrícolas obtenidos están destinados al autoconsumo en primer orden, el excedente es comercializado; son pocos los casos en los que predomina la producción íntegramente orientada a la comercialización, este privilegio son de los usuarios con propiedades ubicadas en las cabeceras y que cuentan con agua sobre todo para la producción de hortalizas cuya demanda es más solicitada,

La producción pecuaria es poco representativa, algunos usuarios poseen ganado vacuno mejorado de los tipos BROWN SWISS y HOLSTEIN; la mayoría de los usuarios tienen ganado criollo, caprinos, ovinos, porcinos, aves de corral, y parcialmente ganado auquénido (alpacas y llamas).

2.5.0 FAMILIAS POR BENEFICIARSE

Actualmente, ambos sectores agrícolas no cuentan con el padrón de usuarios actualizados, por lo cual las titulaciones no están oficializadas según la Ley de aguas 17752 vigente, las extensiones de parcelas y/o tenencia son manejadas por yugadas. La mayoría de los agricultores conducen pequeñas parcelas en diversos pagos, resultando un minifundio generalizado con propiedades entre 1 y 3 has por usuario, son pocos los usuarios que conducen extensiones entre 5 y 10 has.

Según los padrones provisionales en los sectores de Macachacra y Huamanguilla los usuarios que conducen directamente sus parcelas, y por consiguiente son los beneficiarios directos con el Proyecto, y se resumen en el siguiente Cuadro.

Cuadro N° 2,02

USUARIOS BENEFICIARIOS CON EL PROYECTO

Sector	Sub sector	Pagos	Usuarios
Huamanguilla	Anta	14	954
	Chinchaysuyo	08	
Iguaín	Macachacra	10	501

2.6.0 JUSTIFICACION

El estudio Socio-Agro- Económico realizado (Quicaña R. Miguel 2002 INRENA), demuestra la condición social de los habitantes que se caracterizan por ser netamente rural.

Según el último Censo Nacional (1993), indica una reducción considerable debido a la coyuntura socio-política del país (terrorismo) en la década 1980-90, donde Macachacra contaba con 1770 habitantes (53.5 % menos) y Huamanguilla con 4408 habitantes (7.5 % menos) con respecto al Censo Nacional de 1981.

Muchos de sus habitantes fueron obligados a una migración forzada a las ciudades como Huanta y Huamanga, otros lo hicieron a las ciudades de la costa como Lima (capital del país), en procura de mejores oportunidades y salvaguarda personal.

Según la PEA con 15 años y más a nivel del Proyecto (ambos distritos), las categorías son trabajadores independientes (51.3 %), como obreros (26.7 %), personas agrupadas que realizan trabajos familiares no remunerados (13.4 %), otro grupo de personas no especificados (3.6 %); trabajadores dependientes o empleados (3.4 %), otros buscando trabajo por primera vez (1.3 %), y trabajadores del hogar (0.3 %); los cuales suman un total de 1 532 habitantes que representa el 9.0 % a nivel de la Sub Región Huanta y 1.1 % a nivel de la Región Ayacucho.

Ambos distritos cuentan con infraestructuras de riego en mal estado de conservación, la mayoría de los canales se conducen en tierra, en los cuales originan pérdidas del caudal por infiltraciones, en los periodos de estiaje es imposible realizar labores agrícolas bajo riego al 100 %, y por ello los usuarios de Macachacra están supeditados a la práctica de cultivos en secano, la siembra la ejecutan con las primeras precipitaciones pluviales en los meses de septiembre y octubre; por lo tanto la demanda de agua es superior a la oferta existente. La mayor captación de agua se efectúa en los meses de enero a marzo de los ríos (fuentes) Azafrancucho y Yanacocha para beneficio de Huamanguilla principalmente.

El calendario de siembra de la campaña grande corresponde a los meses de septiembre a diciembre para los cultivos de cereales

Las actividades agrarias consisten en la producción de cultivos alto andinos, como son: cereales (maíz, trigo, haba, avena, cebada, quinua, kiwicha), hortalizas (arveja verde, haba verde, cebolla, col-lechuga, zanahoria, ajo, apio, tomate, betarraga y espinaca), tubérculos (olluco, papa, oca, mashua), forrajes (alfalfa, trébol, avena, maíz de chala), ornamentales (geranios, claveles, lirio, rosales, entre otros), y frutales (durazno, mango, tuna, manzana).

El rendimiento de la producción agrícola es considerado de regular a buena aún con las limitaciones del recurso hídrico para la época de siembra, escasa asistencia técnica y falta de crédito agropecuario.

Es importante tomar en cuenta los rendimientos mejorados en 20 y 30 % con la dotación oportuna y adecuado de la frecuencia de riego, a partir del primer año de funcionamiento del Proyecto entre una campaña agrícola y la siguiente, teniendo en cuenta el clima favorable (templado), donde el cultivo de hortalizas puede producir hasta tres o cuatro veces por año, empleando una tecnología orientada a la comercialización alta como ocurre en algunos casos.

De esta manera, el nuevo Esquema Hidráulico planteado se justifica, porque estaría contribuyendo eficientemente en el almacenamiento y distribución del recurso hídrico en el corto y mediano plazo, los resultados se verán gradualmente con el incremento de la producción y la productividad en los cultivos conducidos por los usuarios, mejorando el ingreso familiar y la economía campesina.

CAPITULO III

HIDROLOGIA

3.1.0 HIDROLOGIA GENERAL

3.1.1 HIDROGRAFIA

Desde el punto de vista hidrográfico, el área de interés corresponde al río Cha'co – Pongora – Cachi, tributario del río Mantaro, sub cuenca del río Apurímac - Ene – Ucayali, cuenca del río Amazonas y hoya hidrográfica del Océano Atlántico, (figura N° 3.01).

Localmente, las microcuencas corresponden a los ríos Yanacocha y Azafrancucho, que al confluirse forman el río Ayahuarcuna afluente del río Cachi por la margen derecha.

El río Yanacocha tiene su origen en la laguna glaciar del mismo nombre, ubicada en el valle glaciar a una altitud de 4 075 msnm, y tiene como área de recepción hídrica de 3.27 km² hasta el eje de represamiento PA-PB del embalse proyectado.

El río Azafrancucho nace en el cerro Razuhilca, tiene como área de recepción hídrica de 9.114 km² hasta el eje de represamiento PA-PB del embalse proyectada, a 3 960 msnm, de altitud.

La fisiografía de ambas microcuencas se caracterizan por ser valles glaciares con morfología accidentada, pendientes entre moderada a escarpada (abrupta), los cursos de agua tienen gradientes inclinada a empinada, son de régimen permanente aunque con caudales bajos.

El río Cha'co – Pongora – Cachi - Huarpa es el colector principal en el valle Huamanga – Huanta, orientado de SE a NO, con régimen hídrico permanente.

3.1.2 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

Las micro cuencas según (MATOS E. Erasmos 1997), debido a su morfología accidentada cumplen funciones complejas, debido a sus condiciones geográficas y climáticas adquiere un comportamiento hidrológico especial; en tal sentido los parámetros hidrofisiográficos son propios de la Cordillera Oriental, con altitudes superiores a los 4 000 msnm.

A.- Perímetros.

Este parámetro influye en el tiempo de concentración, el mismo será menor cuando el área de recepción hídrica se aproxima a la forma circular.

Las microcuencas de interés tienen las siguientes longitudes perimetrales:

- P microcuenca río Yanacocha = 7.73 km,
- P microcuenca río Azafrancucho = 12.008 km.

B.- Ancho Medio.

Es el resultado de dividir el área de las microcuencas entre la longitud del los cursos más largos que contenga las mismas, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{A}{L}$$

Donde:

W = Ancho medio de las microcuencas

A = Área de las microcuencas en km²

L = Longitud del curso más largo en km.

Los resultados obtenidos son las siguientes:

	Yanacocha	Azafrancucho
Datos:	A = 3.27 km ²	A = 9.114 km ²
	L = 2.0 km	L = 3.0 km

Resultados: W = 1.635 km W = 3.038 km

3.- Formas de las Microcuencas.

Este parámetro influye en el reparto de la escorrentía superficial a lo largo de los cursos principales de agua, es responsable del comportamiento y magnitud de las avenidas que se presentan en las microcuencas. Este parámetro se examina mediante los siguientes factores:

a).- Coeficiente de Compacidad (kc).

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que las microcuencas en estudio, calculada con la siguiente fórmula:

$$K_c = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}}$$

Donde:

Kc = Coeficiente de compacidad (adimensional)

P = Perímetro de las microcuencas en km

A = Área de las microcuencas en km²

Datos	Yanacocha A = 3.27 km ² P = 7.73 km	Azafrancucho A = 9.114 km ² P = 12 km
Resultados	Kc = 1.21	Kc = 1.12

Si el valor de Kc es igual a la unidad indica que las micro cuencas tienen formas circulares, y permite mayor oportunidad de crecientes, ya que los tiempos de concentraciones serán iguales para todos los puntos.

En caso contrario, el valor de Kc supera la unidad se tratará de micro cuencas que tienden a ser alargadas, como en los casos tratados. La tendencia a mayores caudales de avenida es más acentuada cuanto más próximo a la unidad real es el valor de Kc.

b).- Factor de Forma.

El comportamiento de la tendencia mayor o menor de las avenidas extraordinarias en las micro cuencas es representado por la relación entre el ancho medio de la micro cuenca y la longitud del curso de agua más largo.

Los valores que se aproximen a la unidad reflejarán mayor tendencia de las micro cuencas a la presencia de avenidas extraordinarias de mayor magnitud, se determina mediante la fórmula:

$$Ff = \frac{W}{L} = \frac{\frac{A}{L}}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Ff = Factor de forma (adimensional)

W = Ancho medio de la microcuenca

A = Area de la microcuenca en km²

L = Longitud de los cursos de agua más largo en km.

Datos:	Yanacocha A = 3.27 km ² L = 2.0 km	Azafrancucho A= 9.114 km ² L= 3.0 km
--------	---	---

Resultados:	Ff: 0.818	Ff: 1.013
-------------	-----------	-----------

Sin embargo, un valor bajo en el factor indicará menos oportunidad de crecientes que una cuenca del mismo tamaño pero con un factor de valoración mayor, la cuenca tiene pocas posibilidades de ser cubierta simultáneamente por una tormenta intensa.

c).- Pendiente del curso principal.

En este aspecto se debe diferenciar las pendientes del curso principal y la pendiente de la superficie de las cuencas propias.

La pendiente es un factor que influye en la velocidad del escurrimiento superficial, comprende al tiempo que el agua de lluvia demora en concentrarse en los lechos fluviales que forman la red de drenaje.

Se determina considerando el desnivel entre el punto más alto del río y el punto más bajo (ejes PA-PB), debido a la longitud de dicho tramo.

Este factor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\text{Cota Máxima} - \text{Cota Mínima}}{\text{Longitud}} \times 100$$

Datos:	Yanacocha	Azafrancucho
Cota máxima =	4 452 msnm	Cota Máx. = 4 500 msnm
Cota mínima =	4 100 msnm	Cota Mín. = 4 000 msnm
Longitud =	1 000 m	Longitud = 3 700 m

Resultados: S = 15.2 %

S = 13.13 %

d).- Pendiente de las Micro cuencas.

Para obtener la pendiente de las micro cuencas se ha usado el método de Alvord, mediante la expresión:

$$Sc \text{ Embalse} = \frac{Lo}{\text{Cota Mayor} - \text{Cota Menor}}$$

Datos:

Lo = 1 000

Cotas determinadas en c).

Embalse Yanacocha	Embalse Azafrancucho
-------------------	----------------------

Resultados: Sc = 2.84 %

Sc = 7.50 %

e).-Altura Media de las micro cuencas:

Los valores obtenidos son:

- Microcuenca Embalse Yanacocha = 4 287 msnm
- Microcuenca Embalse Azafrancucho = 4 100 msnm.

Cuadro N° 3.01

RESUMEN DE PARÁMETROS HIDROFISIOGRÁFICOS.

Microcuencas Embalses	Perímetro (P) km	Ancho Medio (W)km	Coeficiente Compacidad (Kc)	Factor Forma (Ff)	Pendiente del curso principal	Pendiente de la cuenca	Altura Media Cuenca msnm
Yanacocha	7.73	1.635	1.21	0.818	35.20	2.84	4287
Azafrancucho	12.00	3.038	1.12	1.013	13.13	7.50	4100

3.1.3 PRECIPITACION PLUVIAL

La precipitación pluvial es la fuente primaria del agua en la superficie terrestre y considerado el inicio del ciclo hidrológico, sus mediciones son fundamentales, para el cual se efectúa el análisis del comportamiento hidrológico, utilizando las precipitaciones pluviales anuales obtenidas en las estaciones meteorológicas seleccionadas.

Cuadro N° 3.02

ESTACIONES SELECCIONADAS

Estaciones	Altitud msnm	Latitud Sur	Longitud Oeste	Años de Registro	Fuentes
Huamanga	2761	13°09'	74°13'	27	SENAMHI
Quinua	3100	13°03'	74°08'	21	SENAMHI
Huanta	2660	13°19'	74°34'	29	SENAMHI
Loricocha	2580	12°54'	74°16'	14	SENAMHI
Tambillo	3250	13°13'	74°06'	04	PERC
Putacca	3550	13°23'	74°21'	04	PERC
Allpachaca	3550	13°23'	74°16'	04	PERC
Cuchoquesera	3750	13°26'	74°21'	04	PERC
Atunsulla	3900	13°19'	74°34'	04	PERC

El análisis hidrológico se ha efectuado basándose en los datos históricos con el propósito de obtener información consistente y homogénea.

El comportamiento hidrológico de las estaciones seleccionadas muestra la existencia de una marcada similitud hidrológica entre las estaciones analizadas.

El análisis de consistencia se ha efectuado utilizando la Curva Doble Masa y la relación cruzada entre las estaciones:

- Huamanga vs Huanta
- Huanta vs Quinua
- Huanta vs Loricocha
- Huamanga vs Quinua
- Huamanga vs Loricocha

- Luricocha vs Quinua

- Generación de Precipitación Pluvial Total en los Puntos de Interés.

Los puntos de interés (área de los embalses) tienen distintas ubicaciones a las estaciones meteorológicas analizadas, para los cuales se ha calculado indirectamente utilizando el criterio de la similitud hidrológica existente, mediante la extrapolación de los valores de precipitación pluvial conocido y tomando como estaciones meteorológicas bases por la disponibilidad del periodo de registro.

- Relación Altitud vs Precipitación Pluvial Anual.

El gradiente pluviométrico es un valor constante para una cuenca determinada o grupo de ellas con comportamientos hidrológicos similares. Es así como se ha correlacionado la Altitud vs Precipitación Pluvial basada en la información de las estaciones meteorológicas con comportamientos hidrológicos similares.

Cuadro N° 3.03

PRECIPITACIÓN PLUVIAL DE LAS ESTACIONES BASES

Estaciones	Altitud msnm	Pp mm /año
Luricocha	2580	450.0
Huanta	2660	489.5
Huamanga	2761	553.1
Quinua	3100	853.0
Tambillo	3250	850.3
Putacca	3550	928.9
Allpachaca	3550	996.4
Cuchoquesera	3750	1058.8
Atunsulla	3900	1237.3

- Precipitación en los Puntos de Interés.

Para la extrapolación hacia los puntos de interés (área de los embalses) se ha utilizado la siguiente expresión, cuyos resultados se indica en el Cuadro N° 6.04:

$$Pp = 0.5477*(H) - 946.71$$

Donde:

Pp = Precipitación Media Anual extrapolado al punto de interés en mm.

H = Altitud msnm.

Cuadro N° 3.04

PRECIPITACION PLUVIAL EN LOS PUNTOS DE INTERES

Puntos de Interés (Area de Embalses)	Altitudes msnm	Precipitación Media Anual mm
Azafrancucho	4050	1 271.48
Yanacocha	4100	1 401.28

Los valores encontrados nos permiten deducir que, el área de los embalses están comprendidas entre las isoyetas de 1 200 al 1 500 mm, a los cuales se considera como zonas geográficas con precipitaciones pluviales intensas y frecuentes, con estos resultados además de aforos en los ríos se ha calculado la oferta hídrica para las microcuencas de recepción hasta la altura de los ejes proyectados.

3.1.4 TEMPERATURA

Este parámetro meteorológico nos permite estimar la temperatura media anual en las microcuencas de interés.

En el siguiente Cuadro se menciona las características como las ubicaciones y el periodo de registro de las estaciones.

Cuadro N° 3.05

LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE INTERÉS.

Estaciones	Altitud msnm	Latitud Sur	Longitud Oeste	Años de Registro (años)	Fuentes
Huanta	2628	12°56'	74°15'	11	SENAMHI
UNSCH	2772	13°08'	74°13'	02	PERC
Urpay	2900	13°08'	74°05'	02	PERC
Alccohuillca	2925	12°59'	74°14'	02	PERC
Ccehcapata	3250	13°12'	74°06'	04	PERC
Pampa Cangallo	3350	13°33'	74°11'	02	PERC
Julcamarca	3420	13°00'	74°26'	02	PERC
Sachabamba	3540	13°27'	74°05'	02	PERC
Putacca	3550	13°23'	74°21'	05	PERC

a).- Relación Altitud vs Temperatura Media Anual.

El gradiente térmico es la variación inversa de la temperatura con la altitud, estando un valor constante para una cuenca o varias de comportamiento térmico similar, mediante la siguiente relación.

- Curva Altitud vs. Temperatura

Cuadro N° 3.06

ALTITUDES Y TEMPERATURAS MEDIAS

Estaciones	Altitudes msnm	Temperaturas Media ° C	Estaciones	Altitudes msnm	Temperaturas Media ° C
Huanta	2628	17.90	Pampa Cangallo	3350	11.74
UNSCH	2772	16.60	Julcamarca	3420	12.50
Urpay	2900	15.00	Sachabamba	3540	10.11
Alccohuilca	2925	16.30	Putacca	3550	10.08
Ccechacapata	3250	13.63			

Del presente Cuadro se concluye que, en esta Región Andina (Cordillera Oriental) a mayor altitud la temperatura es menor y a menor altitud la temperatura aumenta.

b).- Temperatura Media Anual en puntos de interés.

Con la correlación obtenida se estima los valores de temperatura media anual para cada punto de interés (área de los embalses), para el cual se recurre a la expresión de correlación:

$$T^{\circ} = - 0.0081 \times (H) + 39.148$$

Donde:

T° = Temperatura Media Anual extrapolado al punto de interés

H = Altitud al punto de interés.

Los resultados se indican en el siguiente Cuadro:

Cuadro N° 3.07

TEMPERATURA MEDIA ANUAL

Puntos de Interés Altitud msnm	Temperatura Media Anual °C
Río Azafrancucho 4 050	5.94
Laguna Yanacocha 4 100	4.42

En los resultados obtenidos, se observa que la temperatura varía con la altura, según la ecuación las isotermas correspondería a los puntos de interés y serían 5.94 ° C y 4.42° C.

3.1.5 EVAPORACION

Este parámetro nos permite estimar los niveles de evaporación total en los puntos de interés específicos.

En el siguiente Cuadro, se presenta los registros de Evaporación total de las estaciones seleccionadas.

Cuadro N° 3.08

ESTACIONES Y REGISTROS DE EVAPORACIÓN TOTAL

Estaciones	Altitud msnm	Latitud Sur	Longitud Oeste	Años de Registros	Fuentes
Julcamarca	3420	13°00'	74°26'	02	PERC
Putacca	3550	13°23'	74°21'	05	PERC
Cuchoquesera	3750	13°25'	74°20'	04	PERC
Urpay	4500	13°00'	74°00'	02	PERC

El comportamiento de evaporación de las estaciones seleccionadas, muestran la existencia de una marcada similitud de evaporación entre las estaciones meteorológicas analizadas.

a).- Relación: Altitud vs Evaporación Total Anual.

El gradiente evaporímetro es la inversa entre la evaporación total con la altitud, cuando un valor constante para una o varias cuencas de comportamiento similar, para tal efecto se ha efectuado una correlación entre la Altitud vs Evaporación total anual,

Cuadro N° 3.09

ALTITUD Y EVAPORACIÓN MEDIA

Estaciones	Altitud Msnm	Evaporación Media (mm)
Julcamarca	3420	1297.30
Putacca	3550	1465.10
Cuchoquesera	3750	1309.80
Urpay	4500	2024.20

Del presente Cuadro se deduce que, a mayor altitud existe un alto porcentaje de evaporación alta, y a menor altitud ocurre un menor porcentaje de evaporación.

b).- Evaporación en Puntos de Interés.

Se estima la evaporación en cada uno de los puntos de interés con la correlación obtenida, mediante la expresión:

$$\text{Ev.} = 0.6603 \times (H) - 988.18$$

Donde:

Evp. = Evaporación Media Anual extrapolada al punto de interés en mm.

H = Altitud del punto de interés.

Los resultados se indican en el siguiente Cuadro:

Cuadro N° 3.10

EVAPORACIÓN MEDIA ANUAL

Puntos de Interés Altitud msnm	Evaporación Media Anual en mm
Río Azafrancucho 4050	1619.05
Laguna Yanacocha 4100	1842.53

Del presente Cuadro se deduce que, la evaporación media anual es directamente proporcional a la altitud.

3.1.6 HUMEDAD RELATIVA

Este parámetro permite estimar los niveles de humedad relativa en los puntos de interés específicos.

Para tal caso, se ha seleccionado dos estaciones con registros de humedad, cuyas características son:

Cuadro N° 3.11

REGISTROS DE HUMEDAD RELATIVA

Estaciones	Altitud msnm	Latitud Sur	Longitud Oeste	Años de Registro	Fuentes
UNSCH	2772	13°08'	74°13'	02	PERC
Huanta	2628	12°56'	74°15'	10	SENAMHI

- Humedad Relativa en Puntos de Interés

Se ha estimado la Humedad Relativa Media Total en cada uno de los puntos de interés, empleando la siguiente expresión:

$$HR = \frac{\sqrt{A L_A}}{\sqrt{A L_B}}$$

Donde:

HR_A = Evaporación Media anual extrapolado al punto de interés en mm.

HR_B = Evaporación Media Anual extrapolado a la estación considerada Huanta.

AL_A = Altitud del punto de interés.

AL_B = Altitud de la estación considerada, extrapolada al punto de interés (área de los embalses).

Los resultados se indican en el siguiente Cuadro.

:

Cuadro N° 3.12

HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL

Puntos de interés Embalses	Humedad Relativa Anual (mm)
Río Azafrancucho	76.67
Laguna Yanacocha	77.38

3.1.7 VIENTO

Este parámetro permite estimar los niveles de humedad relativa en los puntos de interés específicos.

Se ha seleccionado una sola estación que cuenta con registros de velocidad del viento media mensual, cuya característica es el siguiente:

Cuadro N° 3.13

REGISTRO DE VELOCIDAD DEL VIENTO

Estación	Altitud msnm	Latitud Sur	Longitud Oeste	Años de Registro	Fuente
UNSCH	2772	13°08'	74°13'	02	PERC

En el área de represamiento la corriente aérea tiene un rumbo general promedio de NE a SO por las mañanas y viceversa en las tardes, desarrollándose por el curso del río Ayahuaruncuna.

3.2.0 ECOLOGÍA

La clasificación de las zonas de vida ecológica en el país fue tomado del Mapa Ecológico del Perú (INRENA 1995), demostrando una interrelación de los múltiples y complejos ecosistemas existentes en todo el territorio nacional.

En el área del proyecto se ha reconocido varias unidades ecológicas según la altitud, los cuales se describen a continuación, (figura N° 6.02 Zonas Ecológicas).

A.- Estepa Espinosa Montano Bajo Sub Tropical (ee-MBS).

Esta zona se extiende en el valle interandino Río Cha'co-Pongora-Cachi, con altitudes comprendidas entre 2 000 y 2 500 msnm.

El relieve morfológico del flanco Occidental es predominantemente empinado con laderas largas. El escenario edáfico está representado por suelos de naturaleza calcárea relativamente profunda, con textura tendiente a arcillosa, bajos en contenido orgánico.

Esta zona de vida tiene poca precipitación pluvial y por tanto no permite el desarrollo de agricultura en secano. Con el sistema de riego se cultivan una gran variedad de especies, entre los cuales destacan la papa, maíz, haba, arveja, hortalizas (lechuga, zanahoria, repollo) y algunos frutales de hueso.

B.- Bosque Seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT)

Esta zona corresponde al valle interandino, con altitudes entre los 2 500 hasta 3 000 msnm. El relieve morfológico son terrazas aluviales con pendientes llanos y suave hasta inclinadas (típicas de laderas).

El patrón edáfico está constituido por suelos generalmente de textura media a pesada, de reacción neutra a calcáreas de buen drenaje.

La vegetación primaria es fuertemente deteriorada y sustituida en gran parte por los cultivos que se llevan a cabo mediante el sistema de riego a gravedad, o con lluvia en los límites superiores de la zona.

En esta zona la frecuencia de la precipitación pluvial es relativamente baja, que permite el desarrollo de una agricultura de secano muy limitada.

C.- Bosque Húmedo Montano Tropical (bh-MT)

Zona correspondiente a los flancos occidentales de la Cordillera Oriental con altitudes desde 3 000 a 3 800 msnm.

El relieve morfológico dominante son laderas empinadas, haciéndose un tanto más suaves en el límite con la zona de Páramo que representan gradientes moderadas por efecto de la acción glacial ocurrida en periodos anteriores.

Por lo general los suelos son relativamente profundos, arcillosos de reacción ácida, tonos rojizos a pardos.

La vegetación natural prácticamente no existe y se reduce a pequeños relictos o bosques naturales residuales homogéneos.

Esta zona de vida, pese a tener una precipitación pluvial no mayor de 600 mm anuales y la reducida evapotranspiración debido a las temperaturas bajas permite llevar a cabo una agricultura de secano.

Se cultiva preferentemente plantas autóctonas de gran valor alimenticio como la papa y la oca entre otros.

D.- Páramo Muy Húmedo Sub Tropical (pmh-SaS)

Corresponde a las partes orientales de los Andes, con altitudes entre 3 800 a 4 500 msnm.

La configuración morfológica está definida por áreas bastante extensas suaves a ligeramente onduladas y colinadas.

El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos de textura media, ácidos generalmente con influencia volcánica; los suelos poseen mal drenaje, suelos orgánicos y delgados.

El escenario vegetal está constituido por una abundante mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne. Entre las especies forestales más comunes de modo aislado o formando bosques de árboles pequeños son el quiñual, y la intimpa.

3.3.0 HIDROLOGIA DEL PROYECTO

3.3.1 BALANCE HIDROLOGICO

A.- Embalse Yanacocha

La micro cuenca del valle río Yanacocha tiene una altitud media de 4 270 msnm, el área de recepción hídrica hasta la ubicación del eje de represamiento es de 3.24 km², y la oferta hídrica es de 3.6 MMC anuales, según los cálculos realizados con las estaciones de precipitación pluvial existentes en el área de influencia del proyecto y los aforos realizados en el río Yanacocha.

El sector de Huamanguilla para el mejoramiento de riego de una extensión de 2 030.78 has, durante la campaña grande la demanda hídrica es de 6,314 MMC anuales

Cuadro N° 3.14

BALANCE HIDRICO: YANACOCOA

Parámetros	Superficies	Volumen MMC
Oferta: Microcuenca Yanacocha	3.27 km ²	3.96
Demanda: Sector Huamanguilla	2030.78 has	6,314
Resultado		- 2,354 Déficit

B.- Embalse Azafrancucho

La microcuenca del valle río Azafrancucho tiene una altitud media promedio de 4194 msnm, el área de recepción hídrica hasta la ubicación del eje de represamiento es de 9.114 km², y la oferta hídrica es de 6.MMC. Dicho volumen también es determinado mediante los cálculos realizados de las precipitaciones pluviales y los aforos del río Azafrancucho.

El sector agrícola Macachacra tiene como área de mejoramiento e incorporación un total de 3 056.88 has, para el cual la demanda hídrica es 9.504 MMC.

Cuadro N° 3.15

BALANCE HIDRICO AZAFRANCUCHO

Parámetros	Superficie	Volumen MMC
Oferta: Micro cuenca Azafrancucho	9.114 km ²	6,00
Demanda: Sector Macachacra:		
- Mejoramiento	1274,60 has	3,963
- Incorporación	1782.24 has	5.541
Total	3 056.84 has	9.504
Déficit		-3.504 déficit

De acuerdo al resultado, con la superficie total existiría mayor demanda hídrica y un déficit de 3 504 MMC, si consideramos solamente al área de mejoramiento habría un volumen de 2.037 MMC con el actual sistema de riego a gravedad; por consiguiente se plantea aplicar el sistema de riego tecnificado (goteo), con el cual se optimizaría la demanda hídrica.

3.3.2 CAPACIDAD DE LOS EMBALSES

A.- EMBALSE YANACocha

El areado de la zona de inundación fue realizado en base al plano topográfico y considerando diferentes alturas del dique, las extensiones parciales y acumuladas en km², volúmenes parciales y acumulados en MMC, ver figuras N° 3.03 y 3.04.

El dique está diseñado teniendo como cota de fondo en el cauce del río Yanacocha a 3 994,0 msnm, considerando una altura de 20 m del dique en la zona del cauce, para una capacidad de 3.96 MMC, según se indica el Cuadro N° 3.14

En este diseño no está considerado el volumen de agua que almacena la laguna Yanacocha por falta de datos batimétricos, se estima tenga una altura de 10 m como promedio, cuyo volumen será mayor a 0.5 MMC.

Cuadro N° 3.16

AREA VOLUMEN DEL EMBALSE YANACocha

Altitud msnm	Altura Dique m	Area Parcial M2	Area Prom. M2	Area Prom. Km2	Vol. Parcial M3	Vol. Parcial MMC	Vol. Acum. MMC
3994	00	2084.94					
3998	04	20810.81	11447.88	0.114	45791.52	0.045	0.04
4003	09	249382.24	135096.53	0.7327	675482.65	0.670	0.71
4008	14	303127.41	276254.83	2.056	1381274.15	1.380	2.09
4013	19	351235.52	327181.46	3.017	1625007.33	1.620	3.71
4015.2	20	54203.02	50490.97	3.522	250772.74	0,25	3.96

B.- EMBALSE AZAFRANCUCHO

Del mismo modo, se ha procedido al areado de la zona de inundación y determinado la capacidad de almacenamiento.

El embalse está diseñado con la cota del cauce a 3 992.35 msnm, una altura del dique 30 m en su sección más alta, para una capacidad de 6.168 MMC, indicada en el siguiente Cuadro N° 3.17 y figura N° 3.04.

Cuadro N° 3.17

AREA VOLUMEN DEL EMBALSE AZAFRANCUCHO

Altitud msnm	Altura Dique m	Area Parcial M2	Area Prom. M2	Area Prom. Km2	Vol. Parcial M3	Vol. Parcial MMC	Vol. Acum. MMC
3992.35	00	417.76					
3994.00	02	10579.15	5498.46	0.055	10996.92	0.011	0.011
3999.00	07	65173.74	37876.45	0.268	189382.25	0.189	0.200
4004.00	12	142162.16	103667.95	0.707	518339.75	0.518	0.718
4009.00	17	135868.73	189015.45	1.463	945077.25	0.945	1.663
4014.00	22	297528.96	266698.85	2.278	1333494.25	1.333	2.996
4019.00	27	347258.69	322393.83	2.945	1611969.15	1.612	4.608
4022.00	30	336056.79	311994.03	3.119	1559970.14	1.560	6.168

VOLUMEN DE REPRESAMIENTO

Ambos embalse proyectado suman un total de 10.128 MMC, como se indica a continuación.

Embalses	Volúmenes
Azafrancucho	6,168 MMC
Yanacocha	3,960 MMC
Total por almacenar	10,128 MMC

3,4,0 CALIDAD DEL AGUA PARA FINES DE RIEGO

INRENA (2000), ha efectuado el análisis de Calidad de Agua de la laguna Yanacocha y río Azafrancucho, los resultados de los análisis se encuentra dentro de los rangos permisibles para agua de riego.

Los análisis químicos realizados de muestras colectadas fueron:

- Conductividad Eléctrica (CE, mmhos/cm a 25°C)
- Dureza (ppm CaCO₃)
- pH
- Contenido de aniones y cationes
- Relación de Absorción de Sodio (RAS)
- Aptitud para el riego.
- Potabilidad
- Identificación de Familias Químicas.

3.4.1 CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (CE)

La conductividad eléctrica es un indicador de la concentración de sales presentes en la muestra de agua, cuando su valor es directamente proporcional a dicha concentración.

Las fuentes de agua del proyecto:

- Río Azafrancucho : 0,05 mmhos/cm
- Laguna Yanacocha : 0.06 mmhos/cm.

Para ambos casos, la conductividad eléctrica muestra que el agua tiene una salinidad baja.

3.4.2 DUREZA TOTAL

La dureza es una medida del contenido de calcio y magnesio, se expresa generalmente como equivalente al calcio y carbonatos (CO_3).

Para la zona del proyecto los resultados son:

- Río Azafrancucho : 20 ppm.
- Laguna Yanacocha : 30 ppm.

En ambos casos la dureza, muestra que el agua es dulce.

3.4.3 PH

El pH, es la medida de la concentración de iones hidrógeno en el agua y es utilizado como índice de alcalinidad o acidez en el agua.

Los resultados obtenidos fueron:

- Río Azafrancucho : 6.22
- Laguna Yanacocha : 7.23

Los valores obtenidos muestra que el agua del río Azafrancucho es ligeramente ácida y de la laguna Yanacocha es ligeramente alcalina.

3.4.4 FAMILIA DE AGUAS

Según los gráficos (Schoeller y Piper), las aguas corresponden a las siguientes familias:

- Río Azafrancucho : Bicarbonatada cálcica
- Laguna Yanacocha : Bicarbonatada cálcica.

3.4.5 APTITUD PARA EL RIEGO

Del análisis en los gráficos según Wilcox, las muestras de agua pertenecen a:

- Río Azafrancucho : C_1S_1 (baja salinidad y poco sodio)
- Laguna Yanacocha : C_1S_1 (baja salinidad y poco sodio)

3.4.6 CONTENIDO DE BORO

No se ha encontrado valores del elemento Boro en ambas muestras.

3.4.7 POTABILIDAD DE LAS AGUAS

La potabilidad de las muestras de agua se ha analizado teniendo en cuenta los límites máximos tolerables de potabilidad dado por la Organización Mundial de la Salud en Ginebra en 1 972 (OMS), y empleando el diagrama de potabilidad, determinando que presentan ambas muestras una buena potabilidad.

CAPITULO IV

SISMICIDAD REGIONAL

4.1.0 CARACTERÍSTICAS GENERALES

4.1.1 TECTÓNICA DE LA REGIÓN

La presencia de grandes tecto-estructuras geológicas de la región SE del país, conducen a establecer una Inter.-relación del pasado de la actividad sísmica y los movimientos tectónicos para pronosticar su correspondencia en el futuro.

Por conocimientos geológicos sabemos que, gran parte de nuestro territorio constituye la franja sísmica activa denominada “Circulo del Fuego”, paralela al litoral del Océano Pacífico, en la cual se han manifestado casi todos los movimientos sísmicos generados por la interacción de las placas oceánicas (Nazca) y la continental (Sudamericana), los que provocan una presión causando la liberación de la energía con focos superficiales hasta profundos (zona de Benioff).

De manera general y en base a la observación, la Sismicidad se divide en dos tipos:

- Sismicidad Histórica: se basa sólo en la descripción de los efectos.
- Sismicidad Instrumental: se fundamenta en las mediciones y datos cuantitativos.

4.1.2 SISMICIDAD HISTÓRICA

El historial sísmico en nuestro país, data desde la época colonial aunque muchas de las crónicas son incompletas debido a la complicada geografía, los escasos medios de comunicación y todo lo relacionado a los conocimientos científicos rudimentarios de entonces.

Los datos históricos existentes permiten predeterminar algunos parámetros para la evaluación sísmica, que reflejan los efectos ocasionados en la superficie y en las construcciones.

Para los sismos más importantes, el Instituto Geofísico del Perú – IGP, ha calculado una magnitud aproximada en base a la fórmula de Shebalin.

E. SILGADO, F (1978), publica un catálogo de sismos históricos a nivel nacional, del cual se ha seleccionado la información de sismos más notables ocurridos en el área de influencia del proyecto (nivel regional), que a continuación se describen.

- 1506, julio 9, a 19 horas, el terremoto de la ciudad de Lima (según el informe del Virrey), el movimiento se propagó unos 1 000 km a

largo de la costa, desde Trujillo hasta Caravelí. En el interior fue sentida en Huánuco, Cuzco y posiblemente en otros lugares intermedios. Por 60 días continuos quedó temblando la tierra en Lima.

- 1590, temblor fuerte en Cuzco y otro en la costa Sur, se estremecieron violentamente los pueblos de Camaná y Torata.

- 1604, noviembre 24 a 13,30 horas, gran terremoto y tsunami en la costa Sur, Bernabé Cobo en "Historia del Nuevo Mundo" dice: "en Arequipa un temblor fuertísimo, asoló la ciudad, hizo estragos en los pueblos y campos en su entorno, destruyendo muchos pueblos de la diócesis de Arequipa y la provincia Parinacochas, se asoló el pueblo de Pausa, de 300 casas que tenía no quedaron en pie más de 14. En el Cuzco, llegó con tanta fuerza que no podían mantenerse en pie los hombres, remeció fuertemente los edificios".

- 1687 enero 28, un terremoto sacudió la villa de Huancavelica y gran parte de la Comarca. Al respecto, Vargas Ugarte (1966) afirmaba que: si bien en los socavones de las minas no hizo estragos, en cambio la ciudad padeció bastante y algunas provincias como las de Huanta y Angaraes quedaron asoladas.

- 1719 junio 17, sacudimiento fuerte en Huamanga tuvo carácter de destructor, desquició la cuarta columna de la nave izquierda de la catedral.

- 1739 marzo 24, se arruinó el pueblo de Santa Catalina, provincia de Aimaraes departamento Apurímac, perecieron muchos de sus habitantes.

- 1847, el pueblo de Huancarama al Oeste de Abancay, quedó asolado por un sismo, no se tiene noticia de la fecha de ocurrencia.

- 1851, abril 13 a 17,30 hrs, tembló la tierra en los pueblos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo del departamento de Apurímac, fue algo destructor en pueblos aledaños del departamento de Ayacucho.

- 1875, diciembre 5, en Abancay a las 21 hrs, recio sismo produjo averías en algunos edificios; hasta las 5 hrs del día siguiente, se contaron hasta 27 temblores.

- 1904 marzo 4 a 5,17 hrs, intenso movimiento sísmico en Lima, fue sentido en un área de percepción aproximado de 230 000 km². El sismo fue sentido en Casma, Trujillo, Huánuco, Pisco y Ayacucho.

- 1909 abril 12 a 3,05 hrs, movimiento de tierra conmovió casi toda la región central del país. Fue sentido en la montaña (Puerto Bermúdez), la intensidad máxima se estimó de grado VI.

- 1913 noviembre 4, 16,33 hrs, violento sismo ocurrió en la provincia de Aymaraes. Destrucción de los caseríos de Caraza, Soraya, Tarray, Puente, Huaquirá, Sañaica; fuertes daños en las

aldeas de Colcabamba y en otras. Murieron alrededor de 150 personas. En Chalhuanka se sintió con fuerza, en Abancay ocasionó algunos daños a las construcciones. Mas al Norte de Andahuaylas y Ayacucho, la intensidad del sismo declinó notablemente.

- 1914 diciembre 2, a 18.55 hrs, fuerte sismo en la provincia Parinacochas, causó 14 muertos y daños de consideración en los pueblos de Pararca, Pausa, Colta, Oyolo, Corculla, situados en la divisoria de la Cordillera Occidental. En Coracora el movimiento fue más atenuado y aún más en Caravelí. En el pueblo de Marcabamba se derrumbó la iglesia y una casa.

- 1916 febrero 8 a 10,35 hrs, sismo de foco cordillerano, localizado a unos 300 km al SE de Lima, sentido en un área de 120 000 km², afectó a varios pueblos en las provincias de Víctor Fajardo, Huamanga, Huanta y Angaraes. El pueblo de Julcamarca sufrió varias averías en las construcciones quedando la iglesia semi arruinada. En Ocros cayeron viviendas y hubo deslizamientos de la parte alta de los cerros. En Huancaraya se desplomaron las dos torres de la iglesia.

- 1920 octubre 7 a 15,54 hrs, terremoto en las zonas limítrofes de Ayacucho – Arequipa, la localidad de San Lucia quedó tan destruida que sus pobladores tuvieron que refugiarse en carpas hechas en la plaza de armas. Gran alarma causó en Caravelí y Huanta.

- 1932 diciembre 9 a 03.36 hrs, temblor de carácter regional sentido en un área aproximada de 180 000 km², abarcó todos los departamentos de Lima, Arequipa, Ayacucho y Apurímac. Su intensidad y duración causaron alarma en la ciudad de Ica, cuyos edificios y construcciones más importantes no sufrieron daño. El epicentro fue ubicado en el valle de Acarí.

- 1955 octubre 9 a 16,03 hrs, movimiento sísmico causó destrucciones y averías de viviendas en el caserío de Alungasi provincia La Unión del departamento Arequipa ubicado en ladera escarpada. Daños en el caserío de Toro, donde murió una persona. En Cotahuasi ocasionó desperfectos en algunas casas antiguas, resentidas por sismos anteriores.

Del conjunto de sismos mencionados, se observa que gran parte de los sismos ocurrieron con frecuencia al Este (zona de Abancay – Cuzco) y SO (zona de Ica) con respecto a la ubicación de los embalses, y muy poco al Norte (zona de Campo Armiño) próxima al Proyecto.

4.1.3 SISMICIDAD INSTRUMENTAL

En el año de 1913, se instaló la primera estación sísmica en Sud América de La Paz (Bolivia), en 1922 en la ciudad de Huayao (Huancayo), y durante el año Geofísico Internacional se amplió con las estaciones de Ñaña (Lima) y Characato (Arequipa).

Con la estación de Huayao ya se había mejorado notablemente la precisión en la determinación de los epicentros, bajo el rango de sismos detectables a una magnitud entre 6,0 y 6,5 ms.

Con la ampliación de las estaciones sísmicas se ha obtenido una información detallada sobre las características sísmicas en el país, los parámetros como el tamaño (magnitud) y posición del foco son determinados con mayor precisión, así como permiten una mejor delimitación de las zonas activas.

4.1.4 INTENSIDAD DEL AREA EPICENTRAL

Las intensidades de la escala Mercalli Modificada (MM) para el área epicentral de los sismos del periodo 1982 – 2002, se ha determinado a partir de la ecuación empírica propuesta por GUTENBERG y RICHTER:

$$I = 1,5 M - 3,5 \log_{10} (H + 3)$$

Donde: M = Magnitud de la escala Richter.
H = Distancia focal en km.

Aplicando esta expresión a los sismos instrumentales registrados desde los años 1982 hasta 2002 fue calculada, cuyos resultados se muestran en los cuadros N° 4.02 al 4.04.

De acuerdo a las equivalencias de magnitudes e intensidades indicados en el Cuadro N° 4.01, los sismos con magnitudes mayores de $m_b = 7,0$ ó más corresponde a una intensidad de IX registradas en regiones, los cuales dejan daños de consideración y una calificación respectiva de ruinoso, para el área de influencia del proyecto no tenemos sismos registrados con estas intensidades.

Los sismos registrados con magnitudes comprendidas entre $m_b = 7,0$ a $6,5$ corresponde a las intensidades de VIII hasta VII, son calificados como destructivo a muy fuerte, donde probablemente las construcciones sufren derrumbes en los tabiques, cornisas, paredes, etc., en el área epicentral en evaluación tampoco ocurrió sismos con estas intensidades.

Los sismos ocurridos con magnitudes igual o menores a $m_b = 6,5$ a $4,0$ corresponden intensidades de VI a V, son calificados como fuerte a moderado, y ocasionan daños leves. Estos sismos si ocurrieron en el área de influencia del proyecto, los cuales son objeto del análisis.

Finalmente, en la presente evaluación tenemos numerosos sismos con magnitudes e intensidades menores a $m_b = 4,0$, a los cuales se consideran como micro sismos, es decir las ondas sísmicas repercutieron a los materiales sueltos en las cimentaciones pero no las deformaron. En el Cuadro siguiente se resume las equivalencias y calificativos.

Cuadro N° 4. 01

EQUIVALENCIA DE PARÁMETROS SISMICOS

Rangos	Magnitudes mb	Intensidades MM	Calificativos
Mayores	$\geq 7,0$	IX	Ruinoso a muy fuerte
Intermedios	7,0 – 8,5	VIII – VII	Destructivo
Menores	6,5 – 4,0	VI V	Fuerte a moderado
Micro sismos	$\leq 4,0$	IV I	Débil

Cuadro N° 4.02

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 1982 - 1990.

Nº	Fechas	Horas	Posición Geog.		Mag. mb	Intensidad MM (°)	Zonas más afectadas
			Lat S	Long O			
01	04/08/82	15:32:52	14°09'	73°02'	4.5	(0.72) < I	Tapairihua
02	23/04/83	12:46:44	13°30'	77°20'	4.5	(1.44) > I	Chincha
03	24/09/83	06:05:11	14°14'	73°10'	4.5	(-0.6)	Tapairihua
04	12/10/83	07:50:47	13°52'	75°05'	4.9	(0.54) < I	Córdoba
05	10/11/83	16:53:02	15°17'	74°40'	4.8	(0.42) < I	Bella Unión
06	03/12/83	23:00:26	14°26'	74°04'	4.8	(.023)	Andamarca
07	20/12/83	11:37:15	14°39'	74°11'	4.9	(0.27) < I	Cochapata
08	14/12/84	03:18:17	14°50'	74°25'	4.7	(-0.38)	Puquio
09	22/01/86	07:32:02	14°10'	73°10'	4.5	(0.25) < I	Pacomarca
10	22/01/86	10:12:26	13°52'	73°06'	5.4	(1.06)	Colcabamba
11	23/06/86	10:25:55	14°39'	73°57'	4.6	(0.60) < I	Puquio
12	11/09/86	23:30:18	13°34'	74°21'	4.7	(2.66) III	Pomabamba
13	22/09/86	22:59:44	15°13'	74°36'	4.6	(0.73) < I	Acarí, El Molino
14	29/11/86	09:53:46	14°37'	73°04'	4.7	(0,88) < I	Chalhuanca
15	08/02/87	19:07:31	14°36'	74°37'	4.8	(0,20) < I	Paras
16	06/05/87	22:34:41	13°50'	74°46'	4.5	(1.03)	Huacramachay
17	31/07/87	12:04:56	14°34'	74°24'	4.9	(0,27) < I	Lucanas
18	14/03/88	10:32:46	15°00'	74°03'	5.1	(0.61) < I	Chaviña
19	25/03/88	03:25:45	12°30'	74°20'	4.5	(-1.81)	S. Pedro Coris
20	13/03/88	03:12:58	12°33'	74°42'	4.9	(1.91) II	Paucarbamba
21	05/10/88	12:11:59	12°30'	74°30'	4.8	(1.42) < I	Pachamarca
22	19/05/89	14:21:22	14°15'	74°27'	4.6	(0.34) < I	Illapata
23	18/12/89	05:42:38	14°17'	74°00'	4.6	(0.71) < I	Aucará, Cabana
24	18/03/90	07:09:52	14°16'	74°55'	4.7	(0.41) < I	Llauta, Laramate
25	11/07/90	05:35:47	14°05'	75°02'	4.7	(0.01) < I	Stgo Quirahuará

(°) Parámetro calculado.

Cuadro N° 4.03

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 1991 – 1999.

Nº	Fechas	Horas GMT	Posición Geog		Mag. mb	Intensidad MM (°)	Zona más afectada
			Lat S	Long O			
01	06/07/91	12:19:45	14°00'	72°40'	6-3	(2.29) > II	Chuquibambilla
02	25/08/92	12:10:44	15°33'	75°21'	4.9	(-0.38)	Lomas
03	14/03/94	12:40:04	13°47'	72°21'	4.4	(-106)	Lambrama
04	03/04/94	16:24:21	14°07'	75°20'	4.0	(0.73) < I	Sgt. Quirahuará
05	05/06/94	10:21:39	12°05'	74°30'	4.6	(1.97) II	Huachocolpa
06	08/07/94	05:52:43	12°52'	75°20'	4.4	(0.27) < I	Callana, Sta Ana
07	14/97/94	22:04:18	13°37'	73°44'	4.0	(-0.1)	Chincheros
08	25/07/94	22:09:25	14°15'	74°50'	4.3	(1.05) I	Laramate
09	05/08/94	08:13:18	13°09'	75°25'	4.0	(-0.06)	Santa Ana
10	12/08/94	05:46:34	14°15'	75°27'	4.2	(-1.06)	Córdova
11	12/08/94	16:11:44	12°33'	74°26'	4.0	(0.47) < I	Pachamarca
12	03/10/94	21:10:58	14°38'	74°17'	4.3	(-0.11)	Lucanas, Puquio
13	08/12/94	09:39:00	13°57'	74°59'	4.2	(-0.26)	Laramarca
14	19/02/95	04:31:34	13°48'	73°48'	4.7	(0.51) < I	Vilcashuaman
15	18/05/95	00:15:23	13°04'	75°07'	4.0	(-1.95)	Huachocolpa
16	12/08/95	20:28:51	13°32'	74°47'	4.2	(-0.94)	S. Juan de Dios
17	08/04/98	02:52:14	13°35'	74°20'	4.7	(1.08) I	Vinchos
18	10/05/96	04:39:13	14°20'	75°19'	4.6	(1.45) I	Palpa
19	27/09/21	09:09:21	13°16'	73°03'	4.1	(-2.44)	Pacaybamba
20	22/02/97	13:53:29	13°24'	74°56'	4.1	(-2-01)	Pampaconas
21	22/02/97	05:42:33	14°04'	73°00'	4.6	(3.01) III	Capimarca
22	21/04/97	18:25:30	12°43'	75°09'	4.0	(1,31) I	Huancavelica
23	13/07/97	09:26:48	12°45'	74°43'	4.0	(-0.92)	Paucarbambilla
24	06/06/98	10:32:34	13°38'	73°54'	4.0	(0.15) < I	Ocros
25	10/07/95	08:30:31	13°14'	75°20'	4.4	(-0.72)	Castrovirreyna
26	13/07/98	12:18:30	13°37'	73°53'	4.1	(-0.91)	Concepción
27	19/11/98	12:44:15	12°06'	73°36'	4.1	(1.68) < II	Pichane
28	13/12/98	10:22:23	12°00'	75°20'	4.3	(1.98) < II	Sarcobamba
29	31/03/99	11:28:23	13°39'	75°37'	4.0	(1.70) < II	Arma, Huachos

(°) Parámetro calculado.

Cuadro N° 4.04

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 2000 A. 2002

Nº	Fechas	Horas GMT	Posición Geog.		Mag. mb	Intens. MM (°)	Zona más afectada
			Lat S	Long O			
01	06/01/00	18:41:10	14°36'	75°26'	3.7	II	Palpa
02	16/01/00	09:39:52	12°58'	77°18'	4.0	II	Lima, Chilca
03	02/02/00	08:35:10	14°46'	76°32'	4.3	II	Ica
04	04/02/00	17/02/00	13°58'	76°30'	4.9	IV	Pisco
05	15/02/00	05:31:44	03°34'	72°18'	4.2	III	Cuzco
06	26/02/00	23:23:14	12°25'	74°25'	3.2	II	Campo Armiño
07	28/02/00	07:49:37	13°22'	77°04'	4.1	II	Chilca
08	28/02/00	20:01:43	14°48'	75°07'	4.1	III	Nazca
09	29/02/00	01:19:43	14°23'	76°05'	4.8	IV	Ica
10	28/03/00	12:08:11	13°14'	77°28'	4.3	II	Chilca
11	17/03/00	43:00:06	15°36'	76°18'	4.0	II	S.J. de Marcona
12	17/03/00	07:49:08	15°35'	76°37'	4.0	II	Palpa
13	15/04/00	07:14:19	15°11'	75°11'	4.4	III	Nazca
14	25/04/00	00:23:00	13°30'	75°01'	5.1	II	Huamanga
15	01/05/00	56:00:00	14°58'	75°39'	4.0	III	Palpa
16	07/05/00	17:46:09	13°33'	76°18'	4.3	III	Lima
17	13/05/00	02:37:00	13°33'	76°59'	4.9	V	Cañete
18	09/07/00	52:01:10	14°16'	76°38'	4.0	III	Pisco
19	09/07/00	27:11:10	13°55'	73°23'	3.7	IV	Abancay
20	12/07/00	41:51:00	14°17'	76°37'	4.0	IV	Pisco
21	02/08/00	26:35:00	12°45'	77°23'	3.7	II	Lima
22	01/09/00	59:11:00	15°19'	75°17'	3.9	II	Nazca
23	18/09/00	12:49:00	13°01'	77°22'	4.4	II	Lima
24	13/01/01	05:12:10	14°19'	76°28'	4.3	II	Ica
25	21/01/01	03:44:43	13°35'	76°33'	4.2	IV	Lunahuaná
26	23/01/01	06:01:35	12°42'	76°55'	3.8	II	Lima, Chosica
27	30/01/01	02:36:40	14°45'	75°24'	4.3	IV	Palpa
28	02/02/01	03:52:45	14°59'	73°11'	4.0	III	Andahuaylas
29	20/02/01	23:07:10	13°03'	73°03'	3.5	III	Abancay
30	23/02/01	23:29:59	14°38'	76°31'	5.2	IV	Ica
31	25/03/01	04:37:08	13°13'	76°06'	4.3	III	Chilca, cañete
32	16/04/01	01:01:33	12°55'	77°25'	5.0	IV	Chilca
33	21/04/01	13:09:17	14°05'	77°25'	4.9	IV	Pisco
34	21/06/01	16:05:20	12°08'	77°31'	3.65	II	Lima, Chosica
35	09/08/01	02:07:28	14°58'	73°06'	5.0	V	Antabamba
36	10/08/01	17:39:47	14°45'	73°24'	4.7	III	Antabamba
37	15/08/01	18:16:50	12°42'	77°00'	3.8	II	Lima
38	22/08/01	11:57:39	12°59'	77°23'	4.0	III	Chilca
39	14/09/01	17:08:30	15°09'	76°06'	4.5	III	Antabamba
40	19/10/01	25:39:00	14°36'	73°24'	4.0	III	Abancay
41	02/11/01	09:30:00	13°56'	76°02'	4.4	III	Pisco
42	23/03/02	22:11:14	14°45'	75°52'	4.4	III	Palpa
43	18/04/02	18:47:18	14°41'	76°32'	4.6	II	Ica
44	21/04/02	05:43:50	12°39'	77°21'	3.8	III	Chilca
45	22/04/02	04:57:04	12°47'	77°21'	4.7	IV	Chilca
46	18/05/02	09:59:00	12°44'	77°35'	4.5	III	Chilca
47	31/05/02	15:55:59	12°31'	74°57'	3.8	III	Campo Armiño
48	24/06/02	19:04:14	15°15'	72°01'	4.7	II	Cuzco

4.2.0 ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Para el caso de los embalses proyectados (Azafrancucho y Yanacocha), se ha tomado en consideración al área epicentral regional, en la cual ocurrieron un total de 628 sismos según los inventarios sísmicos del IGP para el periodo desde 1982 hasta 2002; de éste conjunto sólo 102 sismos tuvieron magnitudes comprendidas de 6,3 hasta 3,2 mb a los cuales se ha tomado en cuenta para el análisis, los restantes 526 sismos tienen magnitudes mucho menores a 3,2 mb hasta la unidad denominados también micro sismos y no fueron tomados en cuenta.

Los sismos ocurridos en el área de influencia fueron divididos en tres periodos, que ha permitido diferenciar las zonas sísmicas, en los cuadros N° 4.05 y 4.6 se indican los periodos sísmicos, Magnitud Richter, intensidades MERCALLI MODIFICADO, y profundidades focales.

Cuadro N° 4.05

SISMOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN

Periodos	Sismos Registrados	Prof. Focal km	Magnitud mb	Intensidad MM
1982-1990	249 (39,65 %)	30 – 273	4,5 – 4,7	< I – III
1991-1999	331 (52,71%)	10 – 282	4,0 – 6,3	< I – III
2000-2002	48 (11,20%)	8 - 100	3,2 – 5,1	II - V

Cuadro N° 4.06

PROFUNDIDADES FOCALES Y DISTRIBUCION

Periodos	Superficial < 65 km	Intermedios 65 – 300 km	Profundos > 300 km
1982-1990	111 (30,33%)	138 (52,67%)	Ninguna
1991-1999	214 (52,71%)	117 (44,66%)	Ninguna
2000-2002	41 (11,20%)	7 (2,67%)	Ninguna

A continuación se describe las zonas sísmicas por periodos.

4.2.1 SISMOS PERIODO 1982 -1990

Se caracteriza por la ocurrencia de 25 sismos con intensidades menores desde I hasta III MM (débiles), magnitudes desde 4,0 a 6,3 mb (rangos menores), profundidades focales desde 14 hasta km, superficiales (Cuadros 4.02 y 4.07).

El conjunto de sismos ha creado una zona sísmica activa para ese periodo indicado en la (Figura N° 4.01); esta zona sísmica ha involucrado al área de los embalses, donde las ciudades más afectadas fueron Huancavelica, Huamanga, Abancay y Campo Arminio.

4.2.2 SISMOS PERIODO 1991-1999

En este periodo fueron registrados 29 sismos, con intensidades menores de I hasta III MM (débiles), magnitudes de 4,0 a 6,3 mb (rangos menores), con profundidades focales desde 14 hasta 146 km, superficiales a intermedios (Cuadros N° 4.03 y 4.08).

El conjunto de sismos ha generado una zona sísmica activa para éste periodo, la misma abarcó al área de los embalses; las ciudades más afectadas fueron Cuzco, Abancay, Huamanga, Huancavelica, Huancayo y Campo Arminio. (Figura 4.02).

4.2.3 SISMOS PERIODO 2000-2002

En este corto periodo se han registrado 48 sismos, con magnitudes de 3,5 a 5,2 mb (rango menor), intensidades de II a V MM (débiles), profundidades focales desde 8,0 hasta 81 km; superficiales a intermedios (Cuadros 4.04 y 7,09). y ha generado tres zonas sísmicas activas, los cuales están ilustradas en (Figura N° 4.03).

La zona sísmica 1 ubicada al Oeste corresponde al litoral del Océano Pacífico, conformado por 37 sismos, de los cuales 4 sismos tienen focos intermedios (67 a 70 km), intensidades de II a IV MM (débiles), magnitudes de 3,8 a 4,3 mb (rangos menores), y las localidades más afectadas son la Region de Ica (Lunahuaná) y Lima, considerado como zonas más activas.

La zona sísmica 2 ubicada al Norte con 3 sismos registrados, tienen focos superficiales de 8 a 10 km, intensidad de II a III MM (débiles) y magnitudes de 3,2 a 3,8 mb (rango menor); las localidades más afectados son Campo Arminio y Satipo.

La zona sísmica 3 ubicada al SE, con ocurrencia de 9 sismos con focos superficiales de 10 a 58 km, con intensidades de II a V MM (débil a moderadas), magnitudes de 4,0 a 5,1 mb, las localidades más afectados corresponden a las regiones de Apurímac y Cuzco.

Estas zonas sísmicas tienen repercusiones al área de los embalses proyectados, las mismas dependen de parámetros como la distancias epicentrales y las características geológicas expuestas, los valores originales fueron mitigados al incidir a las áreas de represamiento como indica los resultados en los cuadros N° 4.04 al 4.10 y luego de aplicar las fórmulas empíricas de atenuación propuesta para determinar las aceleraciones máximas ($A_{máx.}$) y los coeficientes sísmicos (g).

4.3.0 EVALUACIONES DE PARAMETROS SISMICOS

4.3.1 ACELERACIONES MÁXIMAS

SARAGONI, CUMPEN Y ARAYA (autores chilenos) mencionado por NOA P. Demetrio (1988), proponen la siguiente fórmula de atenuación para el cálculo de las aceleraciones máximas promedios de los sismos ocurridos en terrenos duros del vecino país de Chile con características similares al nuestro.

$$A_{\text{máx}} = \frac{2\,300\,3^{(0.71\,M)}}{(R + 60)^{1.6}} = \text{cm/seg}^2$$

Donde:

M = Magnitud de Richter

$$R = \sqrt{H^2 + D^2} \text{ en km.}$$

H = Profundidad focal en km

D = Distancia epicentral en km

En los cuadros N° 4.07 al 4.09 se indican los valores calculados de aceleraciones máximas y coeficientes sísmicos para las áreas epicentrales y embalses, de los tres periodos sísmicos.

4.3.2 COEFICIENTES SISMICOS (g).

Es la relación de la aceleración máxima de las ondas y la aceleración de la gravedad, cuyo símbolo es “g” equivalente a 9.80665 m/s².

Los valores obtenidos son referenciales para las áreas epicentrales y embalses proyectados, para obtener resultados más concretos se tendría que conocer las condiciones geológicas de ruta de las ondas sísmicas (propagación) así como los propósitos que se persigue; por lo tanto, los resultados (aceleraciones, coeficientes sísmicos, magnitudes e intensidades) son atenuados, y/o asumidos en algunos casos porque en la zona de los embalses o alrededores no existe estaciones de sismógrafos receptores instalados.

Asimismo, la diferencia de aceleraciones máximas para ambos embalses oscila desde 0.002 a 0.090 cm/seg², y en cuanto al coeficiente sísmico (g) varia de 0.000 a 0.001 g indicada en el Cuadro N° 4.07 y figuras N° s 4.04, 4.05 y 4.06 atenuaciones.

Cuadro N° 4.07

ACELERACIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SÍSMICOS
PERIODO: 1982 - 1990

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
01	04/08/82	50.0	4.5	Tapairihua Ayhuar	175.49	173.94	30.414 0.031	8.589 0.009	8.672 0.009
02	24/09/83	123.0	4.5	Tapayrihua	204.52	202.52	13-470 0.014	6.152 0.006	6.196 0.006
03	12/10/83	85.0	4.9	Córdova Tibilio	84.45	84.46	25.969 0.026	18.403 0.019	18.402 0.018
04	10/11/83	84.0	4.8	Bella Unión Carrizal	204.04	203.20	24.458 0.025	8.409 0.009	8.446 0.009
05	03/12/83	130.0	4.8	Andamarca	146.09	144.99	15.696 0-016	9.768 0.010	9.819 0.010
06	20/12/83	93.0	4.8	Ccochapata	166.68	165.68	22.197 0.023	10.062 0.010	10.135 0.010
07	14/12/84	130.0	4.7	Puquio	175.06	173.86	14.621 0.015	7.950 0.008	7.994 0.008
08	22/01/86	69.0	4.5	Pacomarca Tapairihua	140.36	138.82	23.570 0.024	10.300 0.010	10.407 0.011
09	22/01/86	100.0	5.4	Colcabamba	133.30	131.78	31.639 0.032	18.125 0.018	18.281 0.019
10	23/06/86	60.0	4.6	Puquio	171.53	170.16	26.275 0.027	9.139 0.009	9.216 0.009
11	11/09/86	15.0	4.7	Pomabamba Chuschi	44.58	43.81	64.695 0.066	36.616 0.037	37.023 0.038
12	22/09/86	120.0	4.6	Acarí El Molino	198.63	197.51	14.85 0.015	6.845 0.007	6.881 0.007
13	29/11/86	55.0	4.7	Chalhuanca	164.59	163.04	32.648 0.033	10.510 0.011	10.617 0.011
14	08/02/87	97.0	4.8	Paras	114.0	112.81	21.299 0.022	13.406 0.014	13.499 0.014
15	31/07/87	40.0	4.5	Huacrama-chay	82.07	82.10	35.425 0.036	18.262 0.019	18.257 0.019
16	31/07/87	100.0	4.9	Lucanas	154.91	153.99	22.184 0.023	11.264 0.011	11.322 0.012
17	14/03/88	100.0	5.1	Sancos Chaviña	191.41	190.10	25.569 0.026	10.689 0.011	10.761 0.011
18	25/03/88	273.0	4.5	San Pedro de Coris	71.38	72.51	5.169 0.005	4.949 0.005	4.942 0.005
19	13/07/88	33.0	4.9	Paucarbamba	74.29	75.70	52.853 0.054	27.068 0.028	26.677 0.027
20	05/10/88	42.0	4.8	Pachamarca	75.71	76.27	42.466 0.043	23.773 0.024	23.647 0.024
21	19/05/69	72.0	4.6	Illapata	90.38	89.57	24.390 0.025	15.455 0.016	15.544 0.016
22	18/12/89	56.0	4.6	Aucará Cabana Sur	56.0	92.73	29.992 0.031	16.530 0.017	16.690 0.017
23	28/03/90	76.0	4.7	Llanta Laramate	100.71	100.33	24.964 0.025	15.104 0.015	15.144 0.015

Cuadro N° 4.08

ACELERACIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SÍSMICOS
PERIODO: 1991 - 1999

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafranó	Yanacoc	A máx g	A máx g	A máx g
01	06/07/91	146.0	6.3	Chuquibambilla	202.07	200.61	40.007	20.880	21.008
							0.041	0.021	0.021
02	25/08/92	25.0	4.9	Lomas	228.25	227.60	81.033	8.584	8.615
							0.062	0.009	0.009
03	14/03/94	96.0	4.4	Lambrama	217.17	215.77	16.198	5.788	5.808
							0.017	0.006	0.006
04	03/04/94	101.0	4.0	Sgto de Quirahuará	107.62	107.65	11.593	7.719	7.718
							0.012	0.008	0.008
05	05/06/94	52.0	4.6	Huacocolpa	100.25	101.46	31.276	15.763	15.608
							0.032	0.016	0.016
06	08/07/94	18.0	4.4	Callana, Santa Ana	85.58	87.12	49.103	17.726	17.440
							0.050	0.018	0.018
07	25/07/94	32.0	4.3	Laramate	97.43	96.98	35.121	14.127	14.186
							0.036	0.014	0.014
08	05/08/94	51.0	4.0	Santa Ana	78.72	79.67	12.019	12.474	12.371
							0.021	0.012	0.013
09	12/08/94	124.0	4.2	Córdova	138.59	136.45	10.792	6.849	6.853
							0.011	0.007	0.007
10	08/12/94	72.0	4.3	Lucanas, Puquio	114.76	113.79	19.711	10.516	10.588
							0.020	0.011	0.011
11	28/01/95	72.0	4.2	Laramarca	84.80	84.66	18.360	12.106	12.118
							0.019	0.012	0.012
12	19/02/95	71.0	4.7	Vilcashuamán	99.78	98.24	26.50	15.598	15.771
							0.027	0.016	0.016
13	12/08/95	114.0	4.2	San Juan De Dios	54.97	54.99	11.801	10.555	10.555
							0.012	0.011	0.011
14	08/04/96	48.0	4.7	Vinchos	6.58	7.72	36.099	35.859	35.771
							0.037	0.037	0.037
15	10/05/96	33.0	4.6	Palpa	118.09	117.988	42.713	14.510	14.523
							0.044	0.015	0.015
16	27/09/96	282.0	4.1	Pacaybamba	122.13	121.14	3.728	3.326	3.332
							0.004	0.003	0.003
17	21/04/97	10.0	4.6	Chapimarca	145.59	144.06	67.294	11.972	12.116
							0.069	0.012	0.012
18	13/07/97	19.0	4.0	Huancavelica	82.37	83.93	36.218	13.777	13.549
							0.037	0.014	0.014
19	06/06/98	92.0	4.0	Paucarbambilla	62.95	64.42	12.711	10.481	10.399
							0.013	0.011	0.011
20	10/06/98	44.0	4.0	Ocros	65.18	83.95	23.328	14.725	14.900
							0.024	0.015	0.015
21	03/07/98	80.0	4.0	Castrovirreyna	74.84	75.68	14.49	10.67	10.614
							0.015	0.011	0.011
22	19/11/98	16.0	4.1	Pichane	129.28	129.29	41.367	9.527	9.527
							0.042	0.010	0.010
23	03/03/99	14.0	4.0	Arma, Huachos	96.06	95.90	40.212	12.060	12.080
							0.041	0.012	0.012

Cuadro N° 4. 09

ACELERACIONES MAXIMAS Y COEFICIENTES SISMICOS
PERIODO 2000 - 2002

N°	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
01	06/01/00	46.0	3.7	Palpa	198.69	198.0	18.286	4.248	4.265
							0.019	0.004	0.004
02	16/01/00	46.0	4.0	Lima, Chilca	290.44	291.18	22.627	3.285	3.275
							0.023	0.003	0.003
03	02/02/00	29.0	4.3	Ica	255.99	255.53	37.034	4.837	4.848
							0.038	0.005	0.005
04	04/02/00	20.0	4.9	Pisco	245.44	246.16	67.250	7.851	7.821
							0.069	0.008	0.008
05	15/02/00	58.0	4.2	Cuzco	212.12	211.38	21.968	5.515	5.538
							0.022	0.006	0.006
06	28/02/00	8.0	3.2	Campo Armiño	78.42	79.23	26.087	8.327	8.250
							0.027	0.008	0.008
07	28/02/00	68.0	4.1	Chilca	273.09	274.05	17.965	3.738	3.722
							0.018	0.004	0.004
08	28/02/00	59.0	4.3	Chilca	298.97	299.42	23.268	3.877	3.869
							0.024	0.004	0.004
09	28/02/00	30.0	4.1	Nazca	198.18	197.51	31.562	5.765	5.789
							0.032	0.006	0.006
10	29/02/00	80.0	4.8	Ica	217.3	216.88	25.586	7.911	7.928
							0.026	0.008	0.008
11	17/03/00	32.0	4.0	San Juan de Marcota	299.97	299.0	28.383	3.176	3.189
							0.029	0.003	0.003
12	17/03/00	33.0	4.0	Palpa	297.66	296.75	27.897	3.207	3.219
							0.028	0.003	0.003
13	15/04/00	46.0	4.4	Nazca	221.97	221.25	30.059	6.118	6.142
							0.031	0.006	0.006
14	25/04/00	33.0	5.1	Huamanga	64.26	65.24	60.917	34.685	34.321
							0.062	0.035	0.035
15	01/05/00	81.0	4.0	Palpa	225.77	226.26	14.334	4.286	4.275
							0.015	0.004	0.004
16	07/05/00	60.0	4.3	Lima	222.9	223.49	22.958	5.569	5.552
							0.023	0.006	0.006
17	13/05/00	55.0	4.9	Cañete	266.59	267.39	37.629	6.893	6.867
							0.038	0.007	0.007
18	09/07/00	45.0	4.0	Pisco	260.36	259.59	22.973	3.783	3.797
							0.023	0.004	0.004
19	09/07/00	21.0	3.7	Abancay	156.78	155.95	28.122	5.761	5.796
							0.029	0.006	0.006
20	12/07/00	55.0	4.3	Pisco	258.29	259.16	24.576	4.684	4.664
							0.025	0.005	0.005
21	02/08/00	49.0	3.7	Lima	297.61	298.48	17.488	2.567	2.557
							0.018	0.003	0.003
22	01/09/00	52.0	3.9	Nazca	232.59	231.69	19.299	4.025	4.044
							0.020	0.004	0.004
23	18/09/00	33.0	4.4	Lima	291.78	292.71	37.059	4.373	4.355
							0.038	0.004	0.004
24	13/11/00	67.0	4.3	Ica	225.11	224.38	20.967	5.448	5.469
							0.021	0.006	0.006
25	21/01/01	70.0	4.2	Lunahuaná	194.99	195.75	18.65	5.942	5.916
							0.019	0.006	0.006
26	23/01/01	70.0	3.8	Chosica	269.89	270.63	14.163	3.003	0.003
							0.014	0.003	0.003

Van.....

Viene del Cuadro 4,09

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Mag-nitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
27	30/01/01	50.0	4.3	Palpa	183.14	182.36	26.388 0.027	7.102 0.007	7.136 0.007
28	02/02/01	100.0	4.0	Andahuaylas	213.92	213.00	11.709 0.012	4.373 0.004	4.392 0.004
29	20/02/01	10.0	3.5	Abancay	173.21	173.93	30.817 0.031	4.484 0.005	4.462 0.005
30	27/02/01	33.0	5.2	Ica	249.21	248.9	65.399 0.067	9.459 0.010	9.474 0.010
31	25/03/01	33.0	4.3	Chilca	268.61	269.21	34.519 0.035	4.536 0.005	4.523 0.005
32	16/04/01	33.0	5.0	Cañete, Mala	298.71	299.16	56.741 0.058	6.492 0.007	6.479 0.007
33	21/04/01	33.0	4.9	Pisco	304.56	305.42	52.853 0.054	5.894 0.006	5.872 0.006
34	21/06/01	33.0	3.6	Lima, Chosica	301.41	302.03	21.000 0.021	2.374 0.002	2.368 0.002
35	09/08/01	48.0	5.0	Antabamba	215.01	214.41	44.668 0.046	9.711 0.010	9.744 0.010
36	10/08/01	70.0	4.7	Antabamba	217.12	216.24	26.832 0.027	7.510 0.008	7.545 0.008
37	15/08/01	33.0	3.8	Lima	317.56	318.38	24.204 0.025	2.554 0.003	2.545 0.003
38	22/08/01	58.0	4.0	Chilca	296.1	296.68	19.060 0.019	3.175 0.003	3.167 0.003
39	14/09/01	20.0	4.5	Antabamba	254.75	253.8	50.624 0.052	5.634 0.006	5.661 0.006
40	19/10/01	40.0	4.0	Abancay	179.21	178.38	24.838 0.025	5.976 0.006	6.008 0.006
41	02/11/01	50.0	4.4	Pisco	233.95	234.64	28.329 0.029	5.713 0.006	5.692 0.006
42	23/03/02	33.0	4.4	Palpa	224.42	223.42	37.059 0.038	6.118 0.006	6.147 0.006
43	18/04/02	43.0	4.6	Ica	285.73	286.42	36.274 0.037	5.149 0.005	5.133 0.005
44	21/04/02	33.0	3.8	Chilca	297.77	298.66	24.204 0.025	2.781 0.003	2.770 0.003
45	22/04/02	33.0	4.7	Chilca	295.97	296.28	45.856 0.047	5.311 0.005	5.303 0.005
46	18/05/02	60.0	4.5	Chilca	311.35	312.19	26.461 0.027	4.237 0.004	4.222 0.004
47	31/05/02	10.0	3.8	Campo Armiño	85.76	86.58	38.133 0.039	11.718 0.012	11.615 0.012
48	24//0602	51.0	4.7	Cuzco.	303.88	302.97	34.550 0.035	5.074 0.005	5.094 0.005

4.3.3 ATENUACIONES AL AREA DEL PROYECTO

Los resultados mostrados en el Cuadro N° 4.09 se ha resumido en tres zonas sísmicas de acuerdo a la figura N° 4.03, cuyos resultados se detalla en el Cuadro N° 4.10, en la cual se indican los valores máximos, mínimos y promedios ponderados tanto de las aceleraciones y coeficientes sísmicos, (figuras N° s 4.04 y 4.05).

Cuadro N° 4.10

ATENUACIONES SÍSMICAS PERIODO 2000 – 2002

Zonas Sísmicas	Area Epicentral			Embalse Azafrancucho		Embalse Yanacocha		Diferencia Embalses	
	A	máx	g	A	máx	A	máx	A	máx
01 Muy activa	Máx	67.250	0.069	9.459	0.010	9.474	0.010	0.015	0.0
	Mín	14.163	0.012	2.374	0.002	2.368	0.002	0.006	0.0
	Prom	30.795	0.031	5.026	0.005	5.024	0.005	0.002	0.0
02 Moderada	Máx	38.133	0.039	11.718	0.012	11.615	0.012	0.030	0.0
	Mín	26.087	0.027	8.327	0.008	8.250	0.008	0.173	0.0
	Prom	32.110	0.033	10.022	0.010	9.932	0.010	0.090	0.0
03 Leve	Máx	50.624	0.052	9.711	0.010	9.744	0.010	0.033	0.0
	Mín	11.709	0.012	4.373	0.008	4.392	0.004	0.019	0.004
	Prom	30.458	0.031	6.004	0.005	6.009	0.006	0.020	0.001

En este mismo Cuadro se puede apreciar la diferencia existente entre los embalses no obstante la proximidad, de los cuales la zona sísmica 2 Leve del Campo Armiño tiene mayor incidencia que los demás, esta se debe a la proximidad al área del proyecto.

Los valores indicados en el Cuadro N° 4.10 fue transformada en porcentajes de atenuación (mitigación) para su mejor comprensión, los resultados contiene el Cuadro N° 4.11, del cual se deduce como sigue:

El área epicentral de la Zona Sísmica N° 01 considerada como muy activa, atenúa al embalse Azafrancucho con 16.32 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g), de igual modo al embalse Yanacocha la atenuación es 16.31 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g).

El área epicentral de la Zona Sísmica N° 02 considerada como moderada atenúa al embalse Azafrancucho con 19,72 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g); y al embalse Yanacocha con 19.73 % de aceleración máxima y 18.13 % del coeficiente sísmico (g).

El área epicentral de las Zona Sísmica N° 03 considerada como leve repercute al área del embalse Azafrancucho con una atenuación de 31,21 % de aceleración máxima, y 13.13% del coeficiente sísmico (g); y al embalse Yanacocha atenúa con 30.93% de aceleración máxima y 30.30% de coeficiente sísmico (g).

De acuerdo a los resultados, observamos que la Zona Sísmica N° 02 influye más al área de los embalses debido a la proximidad y con menor incidencia la zona sísmica 03 dada la lejanía

Cuadro N° 4.11

RESUMEN DE ATENUACIONES AL AREA DE LOS EMBALSES

Zonas Sísmicas	Area Epicentral			Embalse Azafrancucho		Embalse Yanacocha	
	A	máx	g	A	máx g	A	máx g
01 Muy activa	Máx	67.250	0.069	14.06%	14.50%	14.09%	14.50%
	Mín	14.163	0.012	16.76%	16.67%	16.72%	16.67%
	Prom	30.795	0.031	16.32%	16.13%	16.31%	16.13%
02 Moderada	Máx	38.133	0.039	30.73%	30.77%	30.46%	30.77%
	Mín	26.087	0.027	31.92%	29.63%	31.62%	29.63%
	Prom	32.11	0.033	31.21%	30.30%	30.93%	30.30%
03 Leve	Máx	50.624	0.052	19.18%	19.23%	19.25%	19.23%
	Mín	11.709	0.012	37.35%	66.67%	37.51%	33.33%
	Prom	30.458	0.031	19.71%	16.13%	19.73%	19.35%

4.3.4 RELACIÓN: INTENSIDAD VS COEFICIENTE SÍSMICO

A manera de ilustración se ha creído conveniente presentar los cuadros Nos 4.12, al 4.14 y figuras N° s 4.07, 4.08 y 4.09 de los sismos más próximos al área del proyecto, que relacionan la Intensidad Mercalli Modificado (MM) vs Coeficiente Sísmico (g), calculados tanto para el área epicentral y los embalses Azafrancucho y Yanacocha.

Cuadro N° 4.12

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS Periodo 1982 - 1990

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
04/08/82	Tapairihua	(0.72) < I	0.031	0.009	0.009
24/09/83	Tapairihua	(-0.60)	0.014	0.006	0.006
12/10/83	Córdova	(0.54) < I	0.026	0.019	0.019
03/12/83	Andamarca	(-0.23)	0.016	0.010	0.010
22/01/86	Pacomarca	(0.25) < I	0.024	0.010	0.011
11/09/86	Pomabamba	(2.66) < III	0.066	0.037	0.038
29/11/86	Chalhuanca	(0.88) < I	0.003	0.011	0.011
08/02/87	Paras	(0.20) < I	0.022	0.014	0.014
19/05/88	Illapata	(0,34) < I	0.025	0.016	0.016
18/12/89	Aucará,Cabana	(0.71) < I	0.031	0.017	0.017
28/03/90	Llauta,Laramate	(0.41) < I	0.025	0.015	0.015

Cuadro N° 4.13

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS Periodo 1991 - 1999

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
06/07/91	Chuquibambilla	(1.84) < II	0.041	0.021	0.021
14/03/94	Lambrama	(-0.38)	0.017	0.006	0.006
19/02/95	Callana,StaAna	(1.97) II	0.050	0.018	0.018
08/04/96	Vilcashuamán	(0.51) < I	0.027	0.016	0.016
19/02/95	Vinchos	(1.08) I	0.037	0.037	0.036
13/07/97	Huancavelica	(1.31) I	0.037	0.014	0.014
06/06/98	Paucarbambilla	(-0.92)	0.013	0.011	0.011
10/06/98	Ocros	(0.15) < I	0.024	0.015	0.015
31/03/99	Arma, Huachos	(1.70) < II	0.041	0.012	0.012

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS
Periodo 2000 – 2002

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
15/02/00	Cuzco	III	0.022	0.006	0.006
26/02/00	C. Armiño	II	0.027	0.008	0.008
25/02/00	Huamanga	II	0.062	0.035	0.035
09/07/00	Abancay	IV	0.029	0.006	0.006
02/02/01	Andahuaylas	III	0.012	0.004	0.004
20/02/01	Abancay	III	0.031	0.005	0.005
09/08/01	Antabamba	V	0.040	0.010	0.010
10/08/01	Antabamba	III	0.027	0.008	0.008
14/09/01	Antabamba	III	0.052	0.006	0.006
19/10/01	Abancay	III	0.025	0.006	0.009
31/05/02	C. Armiño	II	0.039	0.012	0.012
24/06/02	Cuzco	III	0.035	0.005	0.005

4.4.0 EVALUACION DEL RIESGO SISMICO

4.4.1 PERIODO DE RETORNO

El periodo de retorno de los sismos se puede determinar mediante la fórmula de GUMBEL.

$$Tr = \frac{1}{1-P} = \frac{N+1}{m} \quad (1)$$

Donde: Tr = Periodo de retorno en años.
 N = Número de años de la serie, en nuestro caso es 3.
 m = Número de orden o valores cuando está ordenado las magnitudes en grupos de forma decrecientes.

Los resultados se mencionan en el Cuadro N° 4.15

4.4.2 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

De la ecuación (1) anterior, se puede obtener el valor de Probabilidad (P) expresando en porcentaje, cuya relación es:

$$P = \left[1 - \frac{1}{Tr} \right]^{100} \quad (2)$$

Aplicando las relaciones (1) y (2) se ha obtenido los valores indicados en el Cuadro N° 4.11, a partir del cual se puede afirmar que el periodo de retorno para sismos con magnitudes mayores de $m_s = 5,1$ en la escala de RICHTER será de cuatro años, con una probabilidad de ocurrencia de 75 %; los sismos con magnitudes mínimas comprendidas de 3,1 a 4,0 mb serán cada 1,3 años, con probabilidad de ocurrencia 23.7 %. Magnitud y Sismos vs Periodo de Retorno del área de los embalses Azafrancucho y Yanacocha.

4.4.3 RIESGO SÍSMICO

Para el cálculo del riesgo sísmico se ha utilizado la ecuación propuesta por las Normas de Construcción de España (1968):

$$R = 1 - 1 \left[- \frac{1}{Tr} \right]^n \quad (3)$$

Donde: Tr = Periodo de Retorno.
 n = Años de vida útil de los embalses (25, 50, 75, 100).

En el Cuadro N° 4.15 se menciona los valores de riesgos sísmicos obtenidos mediante la ecuación (3).

Cuadro N° 4.15

PERIODO DE RETORNO, PROBABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO

Magnitud ms	Periodo Retorno años	Probabilidad ocurrencia %	Riesgo Sísmico Años de vida útil del Proyecto			
			25	50	75	100
A.-Periodo 1982 - 1999						
> 5,0	4,5	77.78	99,81	99.99	99.99	100.0
4,9 – 4,5	1,8	44,45	99,99	99.99	100.0	100.0
4,5 – 4,0	---	---	----	---	---	---
< 4,5	2,25	55,56	99,99	100.0	100.0	100.0
B.- Periodo 19991 - 1999						
> 5,0	10,0	90,0	92,82	99.48	99.48	99.99
4,9 – 4,0	1,25	20,0	100,0	100.0	100.0	100.0
4,0 – 0,0	----	---	---	---	----	---
< 0,0	0,71	29,0	99,99	100.0	100.0	100.0
C.- Periodo 2000 – 2002						
> 5,0	2,0	75,0	99,92	99.99	100.0	100.0
4,9 – 4,0	0,4	50,0	99,99	100.0	100.0	100.0
3,9 - 3,1	0,5	23,7	100,0	100.0	100.0	100.0

CAPITULO IV

SISMICIDAD REGIONAL

4.1.0 CARACTERÍSTICAS GENERALES

4.1.1 TECTÓNICA DE LA REGIÓN

La presencia de grandes tecto-estructuras geológicas de la región SE del país, conducen a establecer una Inter.-relación del pasado de la actividad sísmica y los movimientos tectónicos para pronosticar su correspondencia en el futuro.

Por conocimientos geológicos sabemos que, gran parte de nuestro territorio constituye la franja sísmica activa denominada “Circulo del Fuego”, paralela al litoral del Océano Pacífico, en la cual se han manifestado casi todos los movimientos sísmicos generados por la interacción de las placas oceánicas (Nazca) y la continental (Sudamericana), los que provocan una presión causando la liberación de la energía con focos superficiales hasta profundos (zona de Benioff).

De manera general y en base a la observación, la Sismicidad se divide en dos tipos:

- Sismicidad Histórica: se basa sólo en la descripción de los efectos.
- Sismicidad Instrumental: se fundamenta en las mediciones y datos cuantitativos.

4.1.2 SISMICIDAD HISTÓRICA

El historial sísmico en nuestro país, data desde la época colonial aunque muchas de las crónicas son incompletas debido a la complicada geografía, los escasos medios de comunicación y todo lo relacionado a los conocimientos científicos rudimentarios de entonces.

Los datos históricos existentes permiten predeterminar algunos parámetros para la evaluación sísmica, que reflejan los efectos ocasionados en la superficie y en las construcciones.

Para los sismos más importantes, el Instituto Geofísico del Perú – IGP, ha calculado una magnitud aproximada en base a la fórmula de Shebalin.

E. SILGADO, F (1978), publica un catálogo de sismos históricos a nivel nacional, del cual se ha seleccionado la información de sismos más notables ocurridos en el área de influencia del proyecto (nivel regional), que a continuación se describen.

- 1506, julio 9, a 19 horas, el terremoto de la ciudad de Lima (según el informe del Virrey), el movimiento se propagó unos 1 000 km a

largo de la costa, desde Trujillo hasta Caravelí. En el interior fue sentida en Huánuco, Cuzco y posiblemente en otros lugares intermedios. Por 60 días continuos quedó temblando la tierra en Lima.

- 1590, temblor fuerte en Cuzco y otro en la costa Sur, se estremecieron violentamente los pueblos de Camaná y Torata.

- 1604, noviembre 24 a 13,30 horas, gran terremoto y tsunami en la costa Sur, Bernabé Cobo en "Historia del Nuevo Mundo" dice: "en Arequipa un temblor fuertísimo, asoló la ciudad, hizo estragos en los pueblos y campos en su entorno, destruyendo muchos pueblos de la diócesis de Arequipa y la provincia Parinacochas, se asoló el pueblo de Pausa, de 300 casas que tenía no quedaron en pie más de 14. En el Cuzco, llegó con tanta fuerza que no podían mantenerse en pie los hombres, remeció fuertemente los edificios".

- 1687 enero 28, un terremoto sacudió la villa de Huancavelica y gran parte de la Comarca. Al respecto, Vargas Ugarte (1966) afirmaba que: si bien en los socavones de las minas no hizo estragos, en cambio la ciudad padeció bastante y algunas provincias como las de Huanta y Angaraes quedaron assoladas.

- 1719 junio 17, sacudimiento fuerte en Huamanga tuvo carácter de destructor, desquició la cuarta columna de la nave izquierda de la catedral.

- 1739 marzo 24, se arruinó el pueblo de Santa Catalina, provincia de Aimaraes departamento Apurímac, perecieron muchos de sus habitantes.

- 1847, el pueblo de Huancarama al Oeste de Abancay, quedó asolado por un sismo, no se tiene noticia de la fecha de ocurrencia.

- 1851, abril 13 a 17,30 hrs, tembló la tierra en los pueblos de Andahuaylas, Talavera y San Jerónimo del departamento de Apurímac, fue algo destructor en pueblos aledaños del departamento de Ayacucho.

- 1875, diciembre 5, en Abancay a las 21 hrs, recio sismo produjo averías en algunos edificios; hasta las 5 hrs del día siguiente, se contaron hasta 27 temblores.

- 1904 marzo 4 a 5,17 hrs, intenso movimiento sísmico en Lima, fue sentido en un área de percepción aproximado de 230 000 km². El sismo fue sentido en Casma, Trujillo, Huánuco, Pisco y Ayacucho.

- 1909 abril 12 a 3,05 hrs, movimiento de tierra conmovió casi toda la región central del país. Fue sentido en la montaña (Puerto Bermúdez), la intensidad máxima se estimó de grado VI.

- 1913 noviembre 4, 16,33 hrs, violento sismo ocurrió en la provincia de Aymaraes. Destrucción de los caseríos de Caraza, Soraya, Tarray, Puente, Huaquirá, Sañaica; fuertes daños en las

aldeas de Colcabamba y en otras. Murieron alrededor de 150 personas. En Chalhuanka se sintió con fuerza, en Abancay ocasionó algunos daños a las construcciones. Mas al Norte de Andahuaylas y Ayacucho, la intensidad del sismo declinó notablemente.

- 1914 diciembre 2, a 18.55 hrs, fuerte sismo en la provincia Parinacochas, causó 14 muertos y daños de consideración en los pueblos de Pararca, Pausa, Colta, Oyolo, Corculla, situados en la divisoria de la Cordillera Occidental. En Coracora el movimiento fue más atenuado y aún más en Caravelí. En el pueblo de Marcabamba se derrumbó la iglesia y una casa.

- 1916 febrero 8 a 10,35 hrs, sismo de foco cordillerano, localizado a unos 300 km al SE de Lima, sentido en un área de 120 000 km², afectó a varios pueblos en las provincias de Víctor Fajardo, Huamanga, Huanta y Angaraes. El pueblo de Julcamarca sufrió varias averías en las construcciones quedando la iglesia semi arruinada. En Ocros cayeron viviendas y hubo deslizamientos de la parte alta de los cerros. En Huancaraya se desplomaron las dos torres de la iglesia.

- 1920 octubre 7 a 15,54 hrs, terremoto en las zonas limítrofes de Ayacucho – Arequipa, la localidad de San Lucia quedó tan destruida que sus pobladores tuvieron que refugiarse en carpas hechas en la plaza de armas. Gran alarma causó en Caravelí y Huanta.

- 1932 diciembre 9 a 03.36 hrs, temblor de carácter regional sentido en un área aproximada de 180 000 km², abarcó todos los departamentos de Lima, Arequipa, Ayacucho y Apurímac. Su intensidad y duración causaron alarma en la ciudad de Ica, cuyos edificios y construcciones más importantes no sufrieron daño. El epicentro fue ubicado en el valle de Acarí.

- 1955 octubre 9 a 16,03 hrs, movimiento sísmico causó destrucciones y averías de viviendas en el caserío de Alungasi provincia La Unión del departamento Arequipa ubicado en ladera escarpada. Daños en el caserío de Toro, donde murió una persona. En Cotahuasi ocasionó desperfectos en algunas casas antiguas, resentidas por sismos anteriores.

Del conjunto de sismos mencionados, se observa que gran parte de los sismos ocurrieron con frecuencia al Este (zona de Abancay – Cuzco) y SO (zona de Ica) con respecto a la ubicación de los embalses, y muy poco al Norte (zona de Campo Armiño) próxima al Proyecto.

4.1.3 SISMICIDAD INSTRUMENTAL

En el año de 1913, se instaló la primera estación sísmica en Sud América de La Paz (Bolivia), en 1922 en la ciudad de Huayao (Huancayo), y durante el año Geofísico Internacional se amplió con las estaciones de Ñaña (Lima) y Characato (Arequipa).

Con la estación de Huayao ya se había mejorado notablemente la precisión en la determinación de los epicentros, bajo el rango de sismos detectables a una magnitud entre 6,0 y 6,5 ms.

Con la ampliación de las estaciones sísmicas se ha obtenido una información detallada sobre las características sísmicas en el país, los parámetros como el tamaño (magnitud) y posición del foco son determinados con mayor precisión, así como permiten una mejor delimitación de las zonas activas.

4.1.4 INTENSIDAD DEL AREA EPICENTRAL

Las intensidades de la escala Mercalli Modificada (MM) para el área epicentral de los sismos del periodo 1982 – 2002, se ha determinado a partir de la ecuación empírica propuesta por GUTEMBERG y RICHTER:

$$I = 1,5 M - 3,5 \log_{10} (H + 3)$$

Donde: M = Magnitud de la escala Richter.
H = Distancia focal en km.

Aplicando esta expresión a los sismos instrumentales registrados desde los años 1982 hasta 2002 fue calculada, cuyos resultados se muestran en los cuadros N° 4.02 al 4.04.

De acuerdo a las equivalencias de magnitudes e intensidades indicados en el Cuadro N° 4.01, los sismos con magnitudes mayores de $m_b = 7,0$ ó más corresponde a una intensidad de IX registradas en regiones, los cuales dejan daños de consideración y una calificación respectiva de ruinoso, para el área de influencia del proyecto no tenemos sismos registrados con estas intensidades.

Los sismos registrados con magnitudes comprendidas entre $m_b = 7,0$ a $6,5$ corresponde a las intensidades de VIII hasta VII, son calificados como destructivo a muy fuerte, donde probablemente las construcciones sufren derrumbes en los tabiques, cornisas, paredes, etc., en el área epicentral en evaluación tampoco ocurrió sismos con estas intensidades.

Los sismos ocurridos con magnitudes igual o menores a $m_b = 6,5$ a $4,0$ corresponden intensidades de VI a V, son calificados como fuerte a moderado, y ocasionan daños leves. Estos sismos si ocurrieron en el área de influencia del proyecto, los cuales son objeto del análisis.

Finalmente, en la presente evaluación tenemos numerosos sismos con magnitudes e intensidades menores a $m_b = 4,0$, a los cuales se consideran como micro sismos, es decir las ondas sísmicas repercutieron a los materiales sueltos en las cimentaciones pero no las deformaron. En el Cuadro siguiente se resume las equivalencias y calificativos.

Cuadro N° 4. 01

EQUIVALENCIA DE PARÁMETROS SISMICOS

Rangos	Magnitudes mb	Intensidades MM	Calificativos
Mayores	$\geq 7,0$	IX	Ruinoso a muy fuerte
Intermedios	7,0 – 8,5	VIII – VII	Destructivo
Menores	6,5 – 4,0	VI V	Fuerte a moderado
Micro sismos	$\leq 4,0$	IV I	Débil

Cuadro N° 4.02

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 1982 - 1990.

Nº	Fechas	Horas	Posición Geog.		Mag. mb	Intensidad MM (°)	Zonas más afectadas
			Lat S	Long O			
01	04/08/82	15:32:52	14°09'	73°02'	4.5	(0.72) < I	Tapairihua
02	23/04/83	12:46:44	13°30'	77°20'	4.5	(1.44) > I	Chincha
03	24/09/83	06:05:11	14°14'	73°10'	4.5	(-0.6)	Tapairihua
04	12/10/83	07:50:47	13°52'	75°05'	4.9	(0.54) < I	Córdoba
05	10/11/83	16:53:02	15°17'	74°40'	4.8	(0.42) < I	Bella Unión
06	03/12/83	23:00:26	14°26'	74°04'	4.8	(.023)	Andamarca
07	20/12/83	11:37:15	14°39'	74°11'	4.9	(0.27) < I	Cochapata
08	14/12/84	03:18:17	14°50'	74°25'	4.7	(-0.38)	Puquio
09	22/01/86	07:32:02	14°10'	73°10'	4.5	(0.25) < I	Pacomarca
10	22/01/86	10:12:26	13°52'	73°06'	5.4	(1.06)	Colcabamba
11	23/06/86	10:25:55	14°39'	73°57'	4.6	(0.60) < I	Puquio
12	11/09/86	23:30:18	13°34'	74°21'	4.7	(2.66) III	Pomabamba
13	22/09/86	22:59:44	15°13'	74°36'	4.6	(0.73) < I	Acarí, El Molino
14	29/11/86	09:53:46	14°37'	73°04'	4.7	(0,88) < I	Chalhuanca
15	08/02/87	19:07:31	14°36'	74°37'	4.8	(0,20) < I	Paras
16	06/05/87	22:34:41	13°50'	74°46'	4.5	(1.03)	Huacramachay
17	31/07/87	12:04:56	14°34'	74°24'	4.9	(0,27) < I	Lucanas
18	14/03/88	10:32:46	15°00'	74°03'	5.1	(0.61) < I	Chaviña
19	25/03/88	03:25:45	12°30'	74°20'	4.5	(-1.81)	S. Pedro Coris
20	13/03/88	03:12:58	12°33'	74°42'	4.9	(1.91) II	Paucarbamba
21	05/10/88	12:11:59	12°30'	74°30'	4.8	(1.42) < I	Pachamarca
22	19/05/89	14:21:22	14°15'	74°27'	4.6	(0.34) < I	Illapata
23	18/12/89	05:42:38	14°17'	74°00'	4.6	(0.71) < I	Aucará, Cabana
24	18/03/90	07:09:52	14°16'	74°55'	4.7	(0.41) < I	Llauta, Laramate
25	11/07/90	05:35:47	14°05'	75°02'	4.7	(0.01) < I	Stgo Quirahuará

(°) Parámetro calculado.

Cuadro N° 4.03

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 1991 – 1999.

Nº	Fechas	Horas GMT	Posición Geog		Mag. mb	Intensidad MM (°)	Zona más afectada
			Lat S	Long O			
01	06/07/91	12:19:45	14°00'	72°40'	6-3	(2.29) > II	Chuquibambilla
02	25/08/92	12:10:44	15°33'	75°21'	4.9	(-0.38)	Lomas
03	14/03/94	12:40:04	13°47'	72°21'	4.4	(-106)	Lambrama
04	03/04/94	16:24:21	14°07'	75°20'	4.0	(0.73) < I	Sgt. Quirahuará
05	05/06/94	10:21:39	12°05'	74°30'	4.6	(1.97) II	Huachocolpa
06	08/07/94	05:52:43	12°52'	75°20'	4.4	(0.27) < I	Callana, Sta Ana
07	14/97/94	22:04:18	13°37'	73°44'	4.0	(-0.1)	Chincheros
08	25/07/94	22:09:25	14°15'	74°50'	4.3	(1.05) I	Laramate
09	05/08/94	08:13:18	13°09'	75°25'	4.0	(-0.06)	Santa Ana
10	12/08/94	05:46:34	14°15'	75°27'	4.2	(-1.06)	Córdova
11	12/08/94	16:11:44	12°33'	74°26'	4.0	(0.47) < I	Pachamarca
12	03/10/94	21:10:58	14°38'	74°17'	4.3	(-0.11)	Lucanas, Puquio
13	08/12/94	09:39:00	13°57'	74°59'	4.2	(-0.26)	Laramarca
14	19/02/95	04:31:34	13°48'	73°48'	4.7	(0.51) < I	Vilcashuaman
15	18/05/95	00:15:23	13°04'	75°07'	4.0	(-1.95)	Huachocolpa
16	12/08/95	20:28:51	13°32'	74°47'	4.2	(-0.94)	S. Juan de Dios
17	08/04/98	02:52:14	13°35'	74°20'	4.7	(1.08) I	Vinchos
18	10/05/96	04:39:13	14°20'	75°19'	4.6	(1.45) I	Palpa
19	27/09/21	09:09:21	13°16'	73°03'	4.1	(-2.44)	Pacaybamba
20	22/02/97	13:53:29	13°24'	74°56'	4.1	(-2-01)	Pampaconas
21	22/02/97	05:42:33	14°04'	73°00'	4.6	(3.01) III	Capimarca
22	21/04/97	18:25:30	12°43'	75°09'	4.0	(1,31) I	Huancavelica
23	13/07/97	09:26:48	12°45'	74°43'	4.0	(-0.92)	Paucarbambilla
24	06/06/98	10:32:34	13°38'	73°54'	4.0	(0.15) < I	Ocros
25	10/07/95	08:30:31	13°14'	75°20'	4.4	(-0.72)	Castrovirreyna
26	13/07/98	12:18:30	13°37'	73°53'	4.1	(-0.91)	Concepción
27	19/11/98	12:44:15	12°06'	73°36'	4.1	(1.68) < II	Pichane
28	13/12/98	10:22:23	12°00'	75°20'	4.3	(1.98) < II	Sarcobamba
29	31/03/99	11:28:23	13°39'	75°37'	4.0	(1.70) < II	Arma, Huachos

(°) Parámetro calculado.

Cuadro N° 4.04

SISMOS INSTRUMENTALES, PERIODO 2000 A. 2002

Nº	Fechas	Horas GMT	Posición Geog.		Mag. mb	Intens. MM (°)	Zona más afectada
			Lat S	Long O			
01	06/01/00	18:41:10	14°36'	75°26'	3.7	II	Palpa
02	16/01/00	09:39:52	12°58'	77°18'	4.0	II	Lima, Chilca
03	02/02/00	08:35:10	14°46'	76°32'	4.3	II	Ica
04	04/02/00	17/02/00	13°58'	76°30'	4.9	IV	Pisco
05	15/02/00	05:31:44	03°34'	72°18'	4.2	III	Cuzco
06	26/02/00	23:23:14	12°25'	74°25'	3.2	II	Campo Armiño
07	28/02/00	07:49:37	13°22'	77°04'	4.1	II	Chilca
08	28/02/00	20:01:43	14°48'	75°07'	4.1	III	Nazca
09	29/02/00	01:19:43	14°23'	76°05'	4.8	IV	Ica
10	28/03/00	12:08:11	13°14'	77°28'	4.3	II	Chilca
11	17/03/00	43:00:06	15°36'	76°18'	4.0	II	S.J. de Marcona
12	17/03/00	07:49:08	15°35'	76°37'	4.0	II	Palpa
13	15/04/00	07:14:19	15°11'	75°11'	4.4	III	Nazca
14	25/04/00	00:23:00	13°30'	75°01'	5.1	II	Huamanga
15	01/05/00	56:00:00	14°58'	75°39'	4.0	III	Palpa
16	07/05/00	17:46:09	13°33'	76°18'	4.3	III	Lima
17	13/05/00	02:37:00	13°33'	76°59'	4.9	V	Cañete
18	09/07/00	52:01:10	14°16'	76°38'	4.0	III	Pisco
19	09/07/00	27:11:10	13°55'	73°23'	3.7	IV	Abancay
20	12/07/00	41:51:00	14°17'	76°37'	4.0	IV	Pisco
21	02/08/00	26:35:00	12°45'	77°23'	3.7	II	Lima
22	01/09/00	59:11:00	15°19'	75°17'	3.9	II	Nazca
23	18/09/00	12:49:00	13°01'	77°22'	4.4	II	Lima
24	13/01/01	05:12:10	14°19'	76°28'	4.3	II	Ica
25	21/01/01	03:44:43	13°35'	76°33'	4.2	IV	Lunahuaná
26	23/01/01	06:01:35	12°42'	76°55'	3.8	II	Lima, Chosica
27	30/01/01	02:36:40	14°45'	75°24'	4.3	IV	Palpa
28	02/02/01	03:52:45	14°59'	73°11'	4.0	III	Andahuaylas
29	20/02/01	23:07:10	13°03'	73°03'	3.5	III	Abancay
30	23/02/01	23:29:59	14°38'	76°31'	5.2	IV	Ica
31	25/03/01	04:37:08	13°13'	76°06'	4.3	III	Chilca, cañete
32	16/04/01	01:01:33	12°55'	77°25'	5.0	IV	Chilca
33	21/04/01	13:09:17	14°05'	77°25'	4.9	IV	Pisco
34	21/06/01	16:05:20	12°08'	77°31'	3.65	II	Lima, Chosica
35	09/08/01	02:07:28	14°58'	73°06'	5.0	V	Antabamba
36	10/08/01	17:39:47	14°45'	73°24'	4.7	III	Antabamba
37	15/08/01	18:16:50	12°42'	77°00'	3.8	II	Lima
38	22/08/01	11:57:39	12°59'	77°23'	4.0	III	Chilca
39	14/09/01	17:08:30	15°09'	76°06'	4.5	III	Antabamba
40	19/10/01	25:39:00	14°36'	73°24'	4.0	III	Abancay
41	02/11/01	09:30:00	13°56'	76°02'	4.4	III	Pisco
42	23/03/02	22:11:14	14°45'	75°52'	4.4	III	Palpa
43	18/04/02	18:47:18	14°41'	76°32'	4.6	II	Ica
44	21/04/02	05:43:50	12°39'	77°21'	3.8	III	Chilca
45	22/04/02	04:57:04	12°47'	77°21'	4.7	IV	Chilca
46	18/05/02	09:59:00	12°44'	77°35'	4.5	III	Chilca
47	31/05/02	15:55:59	12°31'	74°57'	3.8	III	Campo Armiño
48	24/06/02	19:04:14	15°15'	72°01'	4.7	II	Cuzco

4.2.0 ZONIFICACIÓN SÍSMICA

Para el caso de los embalses proyectados (Azafrancucho y Yanacocha), se ha tomado en consideración al área epicentral regional, en la cual ocurrieron un total de 628 sismos según los inventarios sísmicos del IGP para el periodo desde 1982 hasta 2002; de éste conjunto sólo 102 sismos tuvieron magnitudes comprendidas de 6,3 hasta 3,2 mb a los cuales se ha tomado en cuenta para el análisis, los restantes 526 sismos tienen magnitudes mucho menores a 3,2 mb hasta la unidad denominados también micro sismos y no fueron tomados en cuenta.

Los sismos ocurridos en el área de influencia fueron divididos en tres periodos, que ha permitido diferenciar las zonas sísmicas, en los cuadros N° 4.05 y 4.6 se indican los periodos sísmicos, Magnitud Richter, intensidades MERCALLI MODIFICADO, y profundidades focales.

Cuadro N° 4.05

SISMOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN

Periodos	Sismos Registrados	Prof. Focal km	Magnitud mb	Intensidad MM
1982-1990	249 (39,65 %)	30 – 273	4,5 – 4,7	< I – III
1991-1999	331 (52,71%)	10 – 282	4,0 – 6,3	< I – III
2000-2002	48 (11,20%)	8 - 100	3,2 – 5,1	II - V

Cuadro N° 4.06

PROFUNDIDADES FOCALES Y DISTRIBUCION

Periodos	Superficial < 65 km	Intermedios 65 – 300 km	Profundos > 300 km
1982-1990	111 (30,33%)	138 (52,67%)	Ninguna
1991-1999	214 (52,71%)	117 (44,66%)	Ninguna
2000-2002	41 (11,20%)	7 (2,67%)	Ninguna

A continuación se describe las zonas sísmicas por periodos.

4.2.1 SISMOS PERIODO 1982 -1990

Se caracteriza por la ocurrencia de 25 sismos con intensidades menores desde I hasta III MM (débiles), magnitudes desde 4,0 a 6,3 mb (rangos menores), profundidades focales desde 14 hasta km, superficiales (Cuadros 4.02 y 4.07).

El conjunto de sismos ha creado una zona sísmica activa para ese periodo indicado en la (Figura N° 4.01); esta zona sísmica ha involucrado al área de los embalses, donde las ciudades más afectadas fueron Huancavelica, Huamanga, Abancay y Campo Arminio.

4.2.2 SISMOS PERIODO 1991-1999

En este periodo fueron registrados 29 sismos, con intensidades menores de I hasta III MM (débiles), magnitudes de 4,0 a 6,3 mb (rangos menores), con profundidades focales desde 14 hasta 146 km, superficiales a intermedios (Cuadros N° 4.03 y 4.08).

El conjunto de sismos ha generado una zona sísmica activa para éste periodo, la misma abarcó al área de los embalses; las ciudades más afectadas fueron Cuzco, Abancay, Huamanga, Huancavelica, Huancayo y Campo Arminio. (Figura 4.02).

4.2.3 SISMOS PERIODO 2000-2002

En este corto periodo se han registrado 48 sismos, con magnitudes de 3,5 a 5,2 mb (rango menor), intensidades de II a V MM (débiles), profundidades focales desde 8,0 hasta 81 km; superficiales a intermedios (Cuadros 4.04 y 7,09). y ha generado tres zonas sísmicas activas, los cuales están ilustradas en (Figura N° 4.03).

La zona sísmica 1 ubicada al Oeste corresponde al litoral del Océano Pacífico, conformado por 37 sismos, de los cuales 4 sismos tienen focos intermedios (67 a 70 km), intensidades de II a IV MM (débiles), magnitudes de 3,8 a 4,3 mb (rangos menores), y las localidades más afectadas son la Region de Ica (Lunahuaná) y Lima, considerado como zonas más activas.

La zona sísmica 2 ubicada al Norte con 3 sismos registrados, tienen focos superficiales de 8 a 10 km, intensidad de II a III MM (débiles) y magnitudes de 3,2 a 3,8 mb (rango menor); las localidades más afectados son Campo Arminio y Satipo.

La zona sísmica 3 ubicada al SE, con ocurrencia de 9 sismos con focos superficiales de 10 a 58 km, con intensidades de II a V MM (débil a moderadas), magnitudes de 4,0 a 5,1 mb, las localidades más afectados corresponden a las regiones de Apurímac y Cuzco.

Estas zonas sísmicas tienen repercusiones al área de los embalses proyectados, las mismas dependen de parámetros como la distancias epicentrales y las características geológicas expuestas, los valores originales fueron mitigados al incidir a las áreas de represamiento como indica los resultados en los cuadros N° 4.04.al 4.10 y luego de aplicar las fórmulas empíricas de atenuación propuesta para determinar las aceleraciones máximas (A máx.) y los coeficientes sísmicos (g).

4.3.0 EVALUACIONES DE PARAMETROS SISMICOS

4.3.1 ACELERACIONES MÁXIMAS

SARAGONI, CUMPEN Y ARAYA (autores chilenos) mencionado por NOA P. Demetrio (1988), proponen la siguiente fórmula de atenuación para el cálculo de las aceleraciones máximas promedios de los sismos ocurridos en terrenos duros del vecino país de Chile con características similares al nuestro.

$$A_{\text{máx}} = \frac{2\,300\,3^{(0.71\,M)}}{(R + 60)^{1.6}} = \text{cm/seg}^2$$

Donde:

M = Magnitud de Richter

$$R = \sqrt{H^2 + D^2} \text{ en km.}$$

H = Profundidad focal en km

D = Distancia epicentral en km

En los cuadros N° 4.07 al 4.09 se indican los valores calculados de aceleraciones máximas y coeficientes sísmicos para las áreas epicentrales y embalses, de los tres periodos sísmicos.

4.3.2 COEFICIENTES SISMICOS (g).

Es la relación de la aceleración máxima de las ondas y la aceleración de la gravedad, cuyo símbolo es “g” equivalente a 9.80665 m/s².

Los valores obtenidos son referenciales para las áreas epicentrales y embalses proyectados, para obtener resultados más concretos se tendría que conocer las condiciones geológicas de ruta de las ondas sísmicas (propagación) así como los propósitos que se persigue; por lo tanto, los resultados (aceleraciones, coeficientes sísmicos, magnitudes e intensidades) son atenuados, y/o asumidos en algunos casos porque en la zona de los embalses o alrededores no existe estaciones de sismógrafos receptores instalados.

Asimismo, la diferencia de aceleraciones máximas para ambos embalses oscila desde 0.002 a 0.090 cm/seg², y en cuanto al coeficiente sísmico (g) varia de 0.000 a 0.001 g indicada en el Cuadro N° 4.07 y figuras N° s 4.04, 4.05 y 4.06 atenuaciones.

Cuadro N° 4.07

ACELERACIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SÍSMICOS
PERIODO: 1982 - 1990

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
01	04/08/82	50.0	4.5	Tapairihua Ayhuar	175.49	173.94	30.414 0.031	8.589 0.009	8.672 0.009
02	24/09/83	123.0	4.5	Tapayrihua	204.52	202.52	13-470 0.014	6.152 0.006	6.196 0.006
03	12/10/83	85.0	4.9	Córdova Tibilio	84.45	84.46	25.969 0.026	18.403 0.019	18.402 0.018
04	10/11/83	84.0	4.8	Bella Unión Carrizal	204.04	203.20	24.458 0.025	8.409 0.009	8.446 0.009
05	03/12/83	130.0	4.8	Andamarca	146.09	144.99	15.696 0-016	9.768 0.010	9.819 0.010
06	20/12/83	93.0	4.8	Ccochapata	166.68	165.68	22.197 0.023	10.062 0.010	10.135 0.010
07	14/12/84	130.0	4.7	Puquio	175.06	173.86	14.621 0.015	7.950 0.008	7.994 0.008
08	22/01/86	69.0	4.5	Pacomarca Tapairihua	140.36	138.82	23.570 0.024	10.300 0.010	10.407 0.011
09	22/01/86	100.0	5.4	Colcabamba	133.30	131.78	31.639 0.032	18.125 0.018	18.281 0.019
10	23/06/86	60.0	4.6	Puquio	171.53	170.16	26.275 0.027	9.139 0.009	9.216 0.009
11	11/09/86	15.0	4.7	Pomabamba Chuschi	44.58	43.81	64.695 0.066	36.616 0.037	37.023 0.038
12	22/09/86	120.0	4.6	Acarí El Molino	198.63	197.51	14.85 0.015	6.845 0.007	6.881 0.007
13	29/11/86	55.0	4.7	Chalhuanca	164.59	163.04	32.648 0.033	10.510 0.011	10.617 0.011
14	08/02/87	97.0	4.8	Paras	114.0	112.81	21.299 0.022	13.406 0.014	13.499 0.014
15	31/07/87	40.0	4.5	Huacrama-chay	82.07	82.10	35.425 0.036	18.262 0.019	18.257 0.019
16	31/07/87	100.0	4.9	Lucanas	154.91	153.99	22.184 0.023	11.264 0.011	11.322 0.012
17	14/03/88	100.0	5.1	Sancos Chaviña	191.41	190.10	25.569 0.026	10.689 0.011	10.761 0.011
18	25/03/88	273.0	4.5	San Pedro de Coris	71.38	72.51	5.169 0.005	4.949 0.005	4.942 0.005
19	13/07/88	33.0	4.9	Paucarbamba	74.29	75.70	52.853 0.054	27.068 0.028	26.677 0.027
20	05/10/88	42.0	4.8	Pachamarca	75.71	76.27	42.466 0.043	23.773 0.024	23.647 0.024
21	19/05/69	72.0	4.6	Illapata	90.38	89.57	24.390 0.025	15.455 0.016	15.544 0.016
22	18/12/89	56.0	4.6	Aucará Cabana Sur	56.0	92.73	29.992 0.031	16.530 0.017	16.690 0.017
23	28/03/90	76.0	4.7	Llanta Laramate	100.71	100.33	24.964 0.025	15.104 0.015	15.144 0.015

Cuadro N° 4.08

ACELERACIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SÍSMICOS
PERIODO: 1991 - 1999

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafranó	Yanacoc	A máx g	A máx g	A máx g
01	06/07/91	146.0	6.3	Chuquibambilla	202.07	200.61	40.007	20.880	21.008
							0.041	0.021	0.021
02	25/08/92	25.0	4.9	Lomas	228.25	227.60	81.033	8.584	8.615
							0.062	0.009	0.009
03	14/03/94	96.0	4.4	Lambrama	217.17	215.77	16.198	5.788	5.808
							0.017	0.006	0.006
04	03/04/94	101.0	4.0	Sgto de Quirahuará	107.62	107.65	11.593	7.719	7.718
							0.012	0.008	0.008
05	05/06/94	52.0	4.6	Huacocolpa	100.25	101.46	31.276	15.763	15.608
							0.032	0.016	0.016
06	08/07/94	18.0	4.4	Callana, Santa Ana	85.58	87.12	49.103	17.726	17.440
							0.050	0.018	0.018
07	25/07/94	32.0	4.3	Laramate	97.43	96.98	35.121	14.127	14.186
							0.036	0.014	0.014
08	05/08/94	51.0	4.0	Santa Ana	78.72	79.67	12.019	12.474	12.371
							0.021	0.012	0.013
09	12/08/94	124.0	4.2	Córdova	138.59	136.45	10.792	6.849	6.853
							0.011	0.007	0.007
10	08/12/94	72.0	4.3	Lucanas, Puquio	114.76	113.79	19.711	10.516	10.588
							0.020	0.011	0.011
11	28/01/95	72.0	4.2	Laramarca	84.80	84.66	18.360	12.106	12.118
							0.019	0.012	0.012
12	19/02/95	71.0	4.7	Vilcashuamán	99.78	98.24	26.50	15.598	15.771
							0.027	0.016	0.016
13	12/08/95	114.0	4.2	San Juan De Dios	54.97	54.99	11.801	10.555	10.555
							0.012	0.011	0.011
14	08/04/96	48.0	4.7	Vinchos	6.58	7.72	36.099	35.859	35.771
							0.037	0.037	0.037
15	10/05/96	33.0	4.6	Palpa	118.09	117.988	42.713	14.510	14.523
							0.044	0.015	0.015
16	27/09/96	282.0	4.1	Pacaybamba	122.13	121.14	3.728	3.326	3.332
							0.004	0.003	0.003
17	21/04/97	10.0	4.6	Chapimarca	145.59	144.06	67.294	11.972	12.116
							0.069	0.012	0.012
18	13/07/97	19.0	4.0	Huancavelica	82.37	83.93	36.218	13.777	13.549
							0.037	0.014	0.014
19	06/06/98	92.0	4.0	Paucarbambilla	62.95	64.42	12.711	10.481	10.399
							0.013	0.011	0.011
20	10/06/98	44.0	4.0	Ocros	65.18	83.95	23.328	14.725	14.900
							0.024	0.015	0.015
21	03/07/98	80.0	4.0	Castrovirreyna	74.84	75.68	14.49	10.67	10.614
							0.015	0.011	0.011
22	19/11/98	16.0	4.1	Pichane	129.28	129.29	41.367	9.527	9.527
							0.042	0.010	0.010
23	03/03/99	14.0	4.0	Arma, Huachos	96.06	95.90	40.212	12.060	12.080
							0.041	0.012	0.012

Cuadro N° 4. 09

ACELERACIONES MAXIMAS Y COEFICIENTES SISMICOS
PERIODO 2000 - 2002

N°	Fechas	Prof. focal Km.	Magnitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
01	06/01/00	46.0	3.7	Palpa	198.69	198.0	18.286	4.248	4.265
							0.019	0.004	0.004
02	16/01/00	46.0	4.0	Lima, Chilca	290.44	291.18	22.627	3.285	3.275
							0.023	0.003	0.003
03	02/02/00	29.0	4.3	Ica	255.99	255.53	37.034	4.837	4.848
							0.038	0.005	0.005
04	04/02/00	20.0	4.9	Pisco	245.44	246.16	67.250	7.851	7.821
							0.069	0.008	0.008
05	15/02/00	58.0	4.2	Cuzco	212.12	211.38	21.968	5.515	5.538
							0.022	0.006	0.006
06	28/02/00	8.0	3.2	Campo Armiño	78.42	79.23	26.087	8.327	8.250
							0.027	0.008	0.008
07	28/02/00	68.0	4.1	Chilca	273.09	274.05	17.965	3.738	3.722
							0.018	0.004	0.004
08	28/02/00	59.0	4.3	Chilca	298.97	299.42	23.268	3.877	3.869
							0.024	0.004	0.004
09	28/02/00	30.0	4.1	Nazca	198.18	197.51	31.562	5.765	5.789
							0.032	0.006	0.006
10	29/02/00	80.0	4.8	Ica	217.3	216.88	25.586	7.911	7.928
							0.026	0.008	0.008
11	17/03/00	32.0	4.0	San Juan de Marcota	299.97	299.0	28.383	3.176	3.189
							0.029	0.003	0.003
12	17/03/00	33.0	4.0	Palpa	297.66	296.75	27.897	3.207	3.219
							0.028	0.003	0.003
13	15/04/00	46.0	4.4	Nazca	221.97	221.25	30.059	6.118	6.142
							0.031	0.006	0.006
14	25/04/00	33.0	5.1	Huamanga	64.26	65.24	60.917	34.685	34.321
							0.062	0.035	0.035
15	01/05/00	81.0	4.0	Palpa	225.77	226.26	14.334	4.286	4.275
							0.015	0.004	0.004
16	07/05/00	60.0	4.3	Lima	222.9	223.49	22.958	5.569	5.552
							0.023	0.006	0.006
17	13/05/00	55.0	4.9	Cañete	266.59	267.39	37.629	6.893	6.867
							0.038	0.007	0.007
18	09/07/00	45.0	4.0	Pisco	260.36	259.59	22.973	3.783	3.797
							0.023	0.004	0.004
19	09/07/00	21.0	3.7	Abancay	156.78	155.95	28.122	5.761	5.796
							0.029	0.006	0.006
20	12/07/00	55.0	4.3	Pisco	258.29	259.16	24.576	4.684	4.664
							0.025	0.005	0.005
21	02/08/00	49.0	3.7	Lima	297.61	298.48	17.488	2.567	2.557
							0.018	0.003	0.003
22	01/09/00	52.0	3.9	Nazca	232.59	231.69	19.299	4.025	4.044
							0.020	0.004	0.004
23	18/09/00	33.0	4.4	Lima	291.78	292.71	37.059	4.373	4.355
							0.038	0.004	0.004
24	13/11/00	67.0	4.3	Ica	225.11	224.38	20.967	5.448	5.469
							0.021	0.006	0.006
25	21/01/01	70.0	4.2	Lunahuaná	194.99	195.75	18.65	5.942	5.916
							0.019	0.006	0.006
26	23/01/01	70.0	3.8	Chosica	269.89	270.63	14.163	3.003	0.003
							0.014	0.003	0.003

Van.....

Viene del Cuadro 4,09

Nº	Fechas	Prof. focal Km.	Mag-nitud ms	Región zona afectada	Distancias Epicentrales		Epicentro	Azafranc.	Yanacoc.
					Azafran	Yanac	A máx g	A máx g	A máx g
27	30/01/01	50.0	4.3	Palpa	183.14	182.36	26.388 0.027	7.102 0.007	7.136 0.007
28	02/02/01	100.0	4.0	Andahuaylas	213.92	213.00	11.709 0.012	4.373 0.004	4.392 0.004
29	20/02/01	10.0	3.5	Abancay	173.21	173.93	30.817 0.031	4.484 0.005	4.462 0.005
30	27/02/01	33.0	5.2	Ica	249.21	248.9	65.399 0.067	9.459 0.010	9.474 0.010
31	25/03/01	33.0	4.3	Chilca	268.61	269.21	34.519 0.035	4.536 0.005	4.523 0.005
32	16/04/01	33.0	5.0	Cañete, Mala	298.71	299.16	56.741 0.058	6.492 0.007	6.479 0.007
33	21/04/01	33.0	4.9	Pisco	304.56	305.42	52.853 0.054	5.894 0.006	5.872 0.006
34	21/06/01	33.0	3.6	Lima, Chosica	301.41	302.03	21.000 0.021	2.374 0.002	2.368 0.002
35	09/08/01	48.0	5.0	Antabamba	215.01	214.41	44.668 0.046	9.711 0.010	9.744 0.010
36	10/08/01	70.0	4.7	Antabamba	217.12	216.24	26.832 0.027	7.510 0.008	7.545 0.008
37	15/08/01	33.0	3.8	Lima	317.56	318.38	24.204 0.025	2.554 0.003	2.545 0.003
38	22/08/01	58.0	4.0	Chilca	296.1	296.68	19.060 0.019	3.175 0.003	3.167 0.003
39	14/09/01	20.0	4.5	Antabamba	254.75	253.8	50.624 0.052	5.634 0.006	5.661 0.006
40	19/10/01	40.0	4.0	Abancay	179.21	178.38	24.838 0.025	5.976 0.006	6.008 0.006
41	02/11/01	50.0	4.4	Pisco	233.95	234.64	28.329 0.029	5.713 0.006	5.692 0.006
42	23/03/02	33.0	4.4	Palpa	224.42	223.42	37.059 0.038	6.118 0.006	6.147 0.006
43	18/04/02	43.0	4.6	Ica	285.73	286.42	36.274 0.037	5.149 0.005	5.133 0.005
44	21/04/02	33.0	3.8	Chilca	297.77	298.66	24.204 0.025	2.781 0.003	2.770 0.003
45	22/04/02	33.0	4.7	Chilca	295.97	296.28	45.856 0.047	5.311 0.005	5.303 0.005
46	18/05/02	60.0	4.5	Chilca	311.35	312.19	26.461 0.027	4.237 0.004	4.222 0.004
47	31/05/02	10.0	3.8	Campo Armiño	85.76	86.58	38.133 0.039	11.718 0.012	11.615 0.012
48	24//0602	51.0	4.7	Cuzco.	303.88	302.97	34.550 0.035	5.074 0.005	5.094 0.005

4.3.3 ATENUACIONES AL AREA DEL PROYECTO

Los resultados mostrados en el Cuadro N° 4.09 se ha resumido en tres zonas sísmicas de acuerdo a la figura N° 4.03, cuyos resultados se detalla en el Cuadro N° 4.10, en la cual se indican los valores máximos, mínimos y promedios ponderados tanto de las aceleraciones y coeficientes sísmicos, (figuras N° s 4.04 y 4.05).

Cuadro N° 4.10

ATENUACIONES SÍSMICAS PERIODO 2000 – 2002

Zonas Sísmicas	Area Epicentral			Embalse Azafrancucho		Embalse Yanacocha		Diferencia Embalses	
	A	máx	g	A	máx	A	máx	A	máx
01 Muy activa	Máx	67.250	0.069	9.459	0.010	9.474	0.010	0.015	0.0
	Mín	14.163	0.012	2.374	0.002	2.368	0.002	0.006	0.0
	Prom	30.795	0.031	5.026	0.005	5.024	0.005	0.002	0.0
02 Moderada	Máx	38.133	0.039	11.718	0.012	11.615	0.012	0.030	0.0
	Mín	26.087	0.027	8.327	0.008	8.250	0.008	0.173	0.0
	Prom	32.110	0.033	10.022	0.010	9.932	0.010	0.090	0.0
03 Leve	Máx	50.624	0.052	9.711	0.010	9.744	0.010	0.033	0.0
	Mín	11.709	0.012	4.373	0.008	4.392	0.004	0.019	0.004
	Prom	30.458	0.031	6.004	0.005	6.009	0.006	0.020	0.001

En este mismo Cuadro se puede apreciar la diferencia existente entre los embalses no obstante la proximidad, de los cuales la zona sísmica 2 Leve del Campo Armiño tiene mayor incidencia que los demás, esta se debe a la proximidad al área del proyecto.

Los valores indicados en el Cuadro N° 4.10 fue transformada en porcentajes de atenuación (mitigación) para su mejor comprensión, los resultados contiene el Cuadro N° 4.11, del cual se deduce como sigue:

El área epicentral de la Zona Sísmica N° 01 considerada como muy activa, atenúa al embalse Azafrancucho con 16.32 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g), de igual modo al embalse Yanacocha la atenuación es 16.31 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g).

El área epicentral de la Zona Sísmica N° 02 considerada como moderada atenúa al embalse Azafrancucho con 19,72 % de aceleración máxima y 16.13 % del coeficiente sísmico (g); y al embalse Yanacocha con 19.73 % de aceleración máxima y 18.13 % del coeficiente sísmico (g).

El área epicentral de las Zona Sísmica N° 03 considerada como leve repercute al área del embalse Azafrancucho con una atenuación de 31,21 % de aceleración máxima, y 13.13% del coeficiente sísmico (g); y al embalse Yanacocha atenúa con 30.93% de aceleración máxima y 30.30% de coeficiente sísmico (g).

De acuerdo a los resultados, observamos que la Zona Sísmica N° 02 influye más al área de los embalses debido a la proximidad y con menor incidencia la zona sísmica 03 dada la lejanía

Cuadro N° 4.11

RESUMEN DE ATENUACIONES AL AREA DE LOS EMBALSES

Zonas Sísmicas	Area Epicentral			Embalse Azafrancucho		Embalse Yanacocha	
	A	máx	g	A	máx g	A	máx g
01 Muy activa	Máx	67.250	0.069	14.06%	14.50%	14.09%	14.50%
	Mín	14.163	0.012	16.76%	16.67%	16.72%	16.67%
	Prom	30.795	0.031	16.32%	16.13%	16.31%	16.13%
02 Moderada	Máx	38.133	0.039	30.73%	30.77%	30.46%	30.77%
	Mín	26.087	0.027	31.92%	29.63%	31.62%	29.63%
	Prom	32.11	0.033	31.21%	30.30%	30.93%	30.30%
03 Leve	Máx	50.624	0.052	19.18%	19.23%	19.25%	19.23%
	Mín	11.709	0.012	37.35%	66.67%	37.51%	33.33%
	Prom	30.458	0.031	19.71%	16.13%	19.73%	19.35%

4.3.4 RELACIÓN: INTENSIDAD VS COEFICIENTE SÍSMICO

A manera de ilustración se ha creído conveniente presentar los cuadros Nos 4.12, al 4.14 y figuras N° s 4.07, 4.08 y 4.09 de los sismos más próximos al área del proyecto, que relacionan la Intensidad Mercalli Modificado (MM) vs Coeficiente Sísmico (g), calculados tanto para el área epicentral y los embalses Azafrancucho y Yanacocha.

Cuadro N° 4.12

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS Periodo 1982 - 1990

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
04/08/82	Tapairihua	(0.72) < I	0.031	0.009	0.009
24/09/83	Tapairihua	(-0.60)	0.014	0.006	0.006
12/10/83	Córdova	(0.54) < I	0.026	0.019	0.019
03/12/83	Andamarca	(-0.23)	0.016	0.010	0.010
22/01/86	Pacomarca	(0.25) < I	0.024	0.010	0.011
11/09/86	Pomabamba	(2.66) < III	0.066	0.037	0.038
29/11/86	Chalhuanca	(0.88) < I	0.003	0.011	0.011
08/02/87	Paras	(0.20) < I	0.022	0.014	0.014
19/05/88	Illapata	(0,34) < I	0.025	0.016	0.016
18/12/89	Aucará,Cabana	(0.71) < I	0.031	0.017	0.017
28/03/90	Llauta,Laramate	(0.41) < I	0.025	0.015	0.015

Cuadro N° 4.13

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS Periodo 1991 - 1999

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
06/07/91	Chuquibambilla	(1.84) < II	0.041	0.021	0.021
14/03/94	Lambrama	(-0.38)	0.017	0.006	0.006
19/02/95	Callana,StaAna	(1.97) II	0.050	0.018	0.018
08/04/96	Vilcashuamán	(0.51) < I	0.027	0.016	0.016
19/02/95	Vinchos	(1.08) I	0.037	0.037	0.036
13/07/97	Huancavelica	(1.31) I	0.037	0.014	0.014
06/06/98	Paucarbambilla	(-0.92)	0.013	0.011	0.011
10/06/98	Ocros	(0.15) < I	0.024	0.015	0.015
31/03/99	Arma, Huachos	(1.70) < II	0.041	0.012	0.012

RELACIÓN: INTENSIDADES Y COEFICIENTES SISMICOS
Periodo 2000 – 2002

Fechas	Zona Afectadas	Intensidades MM	Coeficiente Sísmico (g)		
			Epicentros	Azafrancucho	Yanacocha
15/02/00	Cuzco	III	0.022	0.006	0.006
26/02/00	C. Armiño	II	0.027	0.008	0.008
25/02/00	Huamanga	II	0.062	0.035	0.035
09/07/00	Abancay	IV	0.029	0.006	0.006
02/02/01	Andahuaylas	III	0.012	0.004	0.004
20/02/01	Abancay	III	0.031	0.005	0.005
09/08/01	Antabamba	V	0.040	0.010	0.010
10/08/01	Antabamba	III	0.027	0.008	0.008
14/09/01	Antabamba	III	0.052	0.006	0.006
19/10/01	Abancay	III	0.025	0.006	0.009
31/05/02	C. Armiño	II	0.039	0.012	0.012
24/06/02	Cuzco	III	0.035	0.005	0.005

4.4.0 EVALUACION DEL RIESGO SISMICO

4.4.1 PERIODO DE RETORNO

El periodo de retorno de los sismos se puede determinar mediante la fórmula de GUMBEL.

$$Tr = \frac{1}{1-P} = \frac{N+1}{m} \quad (1)$$

Donde: Tr = Periodo de retorno en años.
 N = Número de años de la serie, en nuestro caso es 3.
 m = Número de orden o valores cuando está ordenado las magnitudes en grupos de forma decrecientes.

Los resultados se mencionan en el Cuadro N° 4.15

4.4.2 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA

De la ecuación (1) anterior, se puede obtener el valor de Probabilidad (P) expresando en porcentaje, cuya relación es:

$$P = \left[1 - \frac{1}{Tr} \right]^{100} \quad (2)$$

Aplicando las relaciones (1) y (2) se ha obtenido los valores indicados en el Cuadro N° 4.11, a partir del cual se puede afirmar que el periodo de retorno para sismos con magnitudes mayores de $m_s = 5,1$ en la escala de RICHTER será de cuatro años, con una probabilidad de ocurrencia de 75 %; los sismos con magnitudes mínimas comprendidas de 3,1 a 4,0 mb serán cada 1,3 años, con probabilidad de ocurrencia 23.7 %. Magnitud y Sismos vs Periodo de Retorno del área de los embalses Azafrancucho y Yanacocha.

4.4.3 RIESGO SÍSMICO

Para el cálculo del riesgo sísmico se ha utilizado la ecuación propuesta por las Normas de Construcción de España (1968):

$$R = 1 - 1 \left[- \frac{1}{Tr} \right]^n \quad (3)$$

Donde: Tr = Periodo de Retorno.
 n = Años de vida útil de los embalses (25, 50, 75, 100).

En el Cuadro N° 4.15 se menciona los valores de riesgos sísmicos obtenidos mediante la ecuación (3).

Cuadro N° 4.15

PERIODO DE RETORNO, PROBABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO

Magnitud ms	Periodo Retorno años	Probabilidad ocurrencia %	Riesgo Sísmico Años de vida útil del Proyecto			
			25	50	75	100
A.-Periodo 1982 - 1999						
> 5,0	4,5	77.78	99,81	99.99	99.99	100.0
4,9 – 4,5	1,8	44,45	99,99	99.99	100.0	100.0
4,5 – 4,0	---	---	----	---	---	---
< 4,5	2,25	55,56	99,99	100.0	100.0	100.0
B.- Periodo 19991 - 1999						
> 5,0	10,0	90,0	92,82	99.48	99.48	99.99
4,9 – 4,0	1,25	20,0	100,0	100.0	100.0	100.0
4,0 – 0,0	----	---	---	---	----	---
< 0,0	0,71	29,0	99,99	100.0	100.0	100.0
C.- Periodo 2000 – 2002						
> 5,0	2,0	75,0	99,92	99.99	100.0	100.0
4,9 – 4,0	0,4	50,0	99,99	100.0	100.0	100.0
3,9 - 3,1	0,5	23,7	100,0	100.0	100.0	100.0

CAPITULO V

GEOLOGIA LOCAL

5.1.0 MORFOLOGIA SUPERFICIAL

5.1.1 AREA: EMBALSE YANACocha

Según Noa P. Demetrio (2000-03) y el Plano Geológico N° 5.01, las fotografías del 08 al 12, el área de Inundación es la cabecera del río Yanacocha y laguna glaciar del mismo nombre afluente del río Ayahuarcuna, ubicada a 4000 msnm de altitud, y flanco Occidental de la Cordillera Oriental localmente denominada Cordillera Razuhuilca, circunscrito por cumbres más prominentes como: Yanaorcco (margen derecha) con 4 450 msnm, Mataroccasa (lado posterior) con 4 500 msnm, Huanopata (lado Este) con 4 550 msnm, y la prolongación del cerro Moyorina (margen izquierda) con 4 400 msnm, todos los cerros mencionados constituyen apéndices y divisorias de aguas para la microcuencia río Yanacocha, abarca una superficie de 3.27 km² como área de recepción hídrica y hasta el eje de represamiento PA-PB elegida; (Figura N° 5.01).

El área del embalse es una depresión tectónica muy estrecha, cuyas paredes están revestidas por flujos glaciares del Post - Pleistoceno, que habría represado varias lagunas en el valle, de forma alargada, con pendientes desde llana hasta inclinada, en sección transversal adquiere forma de una "U" cerrada y profunda, con perfil simétrico de los estribos hasta más arriba del NAME,

En sentido longitudinal aguas abajo la morfología evoluciona gradualmente de valle maduro (forma de "U") a aparente valle juvenil (forma de "V") sección estrecha hasta la confluencia con el río Azafrancucho, con paredes laterales y fondo cubierta íntegramente por flujos glaciares, cauce bien definido y drenaje tipo longitudinal por desarrollarse en el eje del sinclinal, con orientación local de NE a SO, pendiente desde llana hasta empinada con varias rápidas hacia el final

La zona de cierre propuesto está ubicada al SO inmediata a la laguna glaciar Yanacocha (100 m), limitado lateralmente por los apéndices o cerros mencionados Chaupiorcco (margen derecha) y Moyorina (margen izquierda),

5.1.2 AREA: EMBALSE AZAFRANCUCHO

El valle glaciar río Azafrancucho ubicado al lado Norte y contiguo al valle glaciar Yanacocha, con mayor longitud y extensión, proviene desde el Cerro Razuhuilca de mayor elevación, limitado por apéndices longitudinal y transversales similar al valle Yanacocha, la margen izquierda constituye el Anticlinorio Comas – Tambo y divisoria de aguas, las cabeceras del río Azafrancucho están conformados por las cumbres

más altas de los cerros Yanaorcco (4 450 msnm) y Chaupiorcco, la margen derecha corresponde a la prolongación de los cerros Mitu y Laja; desde el cerro Razuhilca orientado en forma de una “L” invertida, el curso del valle desde su inicio hasta la cabecera del área de inundación, está orientado de NO a SE paralelo al eje del Anticlinorio, luego flexiona hacia el Sur hasta confluir al río Yanacocha, el drenaje es del tipo longitudinal desarrollado también en el eje del sinclinal, esta micro cuenca abarca una extensión de 9.11 km² como área de recepción hídrica hasta el eje PA - PB elegida; (Figura N° 5.01), y (fotografías 01 al 03 y 05 al 07).

El área del embalse propuesto ubicada en la parte media del valle glaciar, tiene pendiente llana (0°05'), con sección transversal en forma de una “U” abierta y perfil simétrico, con drenaje tipo longitudinal, orientación local de Norte a Sur, circundados lateralmente por apéndices descritos con altitudes elevadas, el valle continúa aguas abajo dando paso gradual de valle maduro a juvenil, con cauce cada vez más estrecho hasta la confluencia con el río Yanacocha.

Localmente presenta dos zonas en sentido del flujo; la primera ubicada al final (cola) separada por un apéndice rocoso de la margen izquierda, con apariencia de un pequeño vaso aislado, con longitud 150 x 47 m de ancho en la base y hasta del NAME (cota 3 980 msnm); los márgenes laterales tienen pendientes inclinada a moderada (51°20' a 53°10') y perfil transversal asimétrico.

La segunda zona de inundación tiene mayor longitud, mide 245 m desde el apéndice rocoso hasta el eje de represamiento PA-PB, en sección transversal tiene la forma de una “U” abierta, con la base 50 m y 85 m al nivel de NAME, las márgenes laterales tienen pendientes inclinada a moderada (46°20' a 63°20') desde el pie de talud hacia las cumbres elevados de los cerros circundantes.

El río Azafrancucho denominado también Uray Corral, es de régimen permanente aunque con caudales variables, recibe el aporte permanente de la laguna glaciar Peruacocha y de otros riachuelos de la margen derecha producto de algunos afloramientos.

El valle es de origen tectónico similar al valle Yanacocha, con eje del sinclinal orientado de N-S, los flancos están revestidos masivamente por depósito morrénico producto de la desglaciación de las nieves, causando varios embalses escalonados y los correspondientes ciclos de erosión fluvial (reboce) hasta haber drenado totalmente las lagunas temporales.

Aguas arriba del eje PA-PB (lecho izquierda) existe evidencia de una antigua y última laguna glaciar, la misma habría sido drenada probablemente por el reboce del dique morrénico, dejando como evidencia a los sedimentos lacustrinos (limos y arcillas), que en la actualidad se encuentra en condición de saturados formando suelo fangoso.

La superficie de la llanura (estribo derecho y aguas abajo del eje PA-PB) se encuentran saturados superficialmente con los afloramientos de agua que las convierten en bofedales (fangos).

También existen restos de cabañas relativamente antiguas, sus ocupantes las habrían abandonado debido a la coyuntura socio-político del país (años 1 980-2 000), sólo quedan construcciones de viviendas deterioradas o derrumbadas, y parte de la llanura con indicios de cultivos en seco.

5.1.3 UNIDADES MORFOGENÉTICAS

Las unidades morfogénicas locales más importantes constituyen los apéndices laterales (derecha, medio, izquierda) y posterior (Anticlinorio), valles glaciares y laguna Yanacocha. (Figura 5.01).

A.- APÉNDICES

- Apéndice Posterior.

Conformado por el eje del Anticlinorio Comas – Tambo, conformado por los cerros Razuhuilca - Mataroccasa – Huanopata, constituyen la divisoria de aguas de las micro cuencas de los ríos Tambo (lado Oriental) y Cachi (lado Occidental, (Fotografía N° 14).

- Apéndice Derecho.

La prolongación desde Razuhuilca con los cerros Mitu y Laja delimita al área de recepción hídrica valle glaciar y embalse Azafrancucho.

- Apéndice del Medio.

Constituye el alineamiento recto con los cerros Yanaorcco y Chaupiorcco, desde el Anticlinorio hasta la cabecera del río Ayahuarcuna (lado SO), constituye el límite de los valles glaciares Yanacocha y Azafrancucho.

- Apéndice Izquierdo.

Desde el Cerro Huanopata ubicada en el Anticlinorio se prolonga hacia SO el cerro Moyorina de posición paralela al apéndice del medio, el cual delimita al área de recepción hídrica del valle glaciar y embalse Yanacocha.

B.- VALLES GLACIARES

- Valle Laguna Yanacocha.

Constituye la cabecera del río Yanacocha, en forma de rectángulo deformado, con 100 m de ancho y 420 m de largo, se estima tenga profundidad entre 15 y 20 m, almacena aguas limpias y perenne un volumen mayor a 840,000 m³, alimentados por los deshielos de nieves temporales, escorrentía superficial y afloramientos del subsuelo, drena únicamente por reboce del lado Sur dando origen al río del mismo nombre.

La extensión del área de recepción hídrica incluida la laguna es 3,27 km² hasta el eje PA-PB, (Figura N° 5.02).

- Valle Río Azafrancucho

Se origina en el Cerro Razuhuilca, es alimentado por los afloramientos del subsuelo, los deshielos de nieves temporales y el drenaje de la laguna Peruayani, tiene como extensión parcial en 9.114 km² hasta el eje de presa PA-PB elegida.

5.2.0 ESTRATIGRAFIA DE SUPERFICIE

En el área de los embalses Yanacocha y Azafrancucho se han identificado varias unidades litoestratigráficas, que se resumen en el Cuadro 5.01, y (Planos 5.01 y 5.06), cuyas litologías se describen a continuación.

5.2.1 GRUPO MITU (Ps - mi)

Descrita por Mc LAUGLIN D. N. (1924) en el paraje "Mitu" Cerro de Pasco como Formación es una secuencia de molasas, de areniscas y conglomerados rojizos; posteriormente N NEWELL (1949) la eleva a la categoría de Grupo Pérmico superior para la Cordillera Oriental.

En el área del Proyecto según López y otros (1996), y Noa P- Demetrio (2000 – 2003), el Grupo Mitu aflora desde el Cerro Razuhuilca (lado NO) hasta los cerros Condormarca y Condorcunca (lado SE), conformando el Anticlinorio Comas – Tambo, en este tramo describe pliegues asimétricos (anticlinales y sinclinales) con características transgresivas; la secuencia litológica está constituido de dos facies, sedimentaria la parte inferior y volcánica la parte superior. (Plano N° 5.06).

A.- Embalse Yanacocha

La facie inferior está expuesta en la parte posterior (Cerro Matoroccasa), como la sucesión sedimentaria, estratos medianos de areniscas gris oscura a rojizo, con buzamiento entre 45° a 55° S.

En las zonas de inundación y cierre aflora desde la orilla de la laguna y cause hasta medio flanco de los cerros Moyorina con buzamiento NO (margen izquierda), cerros Yanaorco, Chaupiorcco con buzamiento 50° SE (margen derecha), constituyendo el sinclinal, consiste de conglomerados y brechas volcánicas, gris rojizo, y según Montoya M. Germán (2002) constituye el basamento general en toda el área, pero se encuentra cubierto masivamente por Depósito Morrénico.

En los apéndices del medio e izquierdo, desde la parte media hasta la cima están coronados por facie superior volcánica, de lavas, piroclásticas e ignimbritas; las lavas son de composición andesítica con textura porfirítica, las piroclásticas son tobas y brechas, y las ignimbritas son tobas riolíticas y dacíticas.

Cuadro N° 5.01

**COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL
EMBALSES AZAFRANCUCHO Y YANACUCHA**

Era	Sistema	Serie	Unidad	Símbolo	Trama	Litología
C E N O Z O I C O	C U A T E R N A R I O	H O L O C E N O	Depósito Coluvial	Qh – co	O O Oo O O Oo OO oO oOOo	Bloques volcánicos, tamaños gigantes, sin matriz de finos
			Depósito Bofedal	Qh – bo	<u>/I/</u> <u>/I/</u> <u>II/</u> <u>/I</u> <u>II/</u> <u>/I</u> <u>II/</u> <u>I/</u>	Arcilla orgánica, grava y arena, limo, estado saturada.
			Depósito Lacustrino	Qh – la	=====	Limo y arcilla orgánica, estado húmeda.
			Depósito Aluvial	Qh – al	<u>oOoOoOo</u> <u>oOoOoOo</u> =====	Gravas, arenas, con matriz de limo y arcilla.
		P L E I S T O C E N O	Depósito Fluvio-Glacial	Qpl-fl.gl	<u>OoOo0oo</u> <u>0oOoOoO</u> <u>oOoOoOo</u>	Cantos, gravas, arenas, con matriz limo y arcilla.
			Depósito Morrena	Qpl - mo	<u>OoOo0oo</u> =====	Cantos, gravas, arenas, con matriz limo y arcilla.
PA LEO ZOI CO	P E R M I C O	S u p e r i o r	Grupo Mitu	Ps - mi	V V V V V V V V V V V V V V V V V V O.O.O.O.O.O	Facie superior volcánico: lava, piroclástico e ignimbrita. Facie inferior sedimentaria: conglomerado rojizo, y arenisca.

B.- Embalse Azafrancucho

Según el Plano N° 5.07, la facie inferior sedimentaria aflora en la zona de cierre e inundación, consiste de conglomerado rojizo, revestido masivamente por Depósito Morrena, en posición estructural similares al valle Yanacocha, formando el sinclinal, y según Montoya M. Germán (2002), en los perfiles geoelectricos A - A' hasta G-G' constituye el basamento general del área en profundidad, revestido y rellenado por depósitos glaciarios. (Plano N° 5.01 y 5.02).

La facie superior volcánica está emplazada en la zona de inundación (cola) y margen izquierda desde el pie del talud hasta la cima del apéndice medio, incluyendo la parte posterior del valle hasta el cerro Razuhilca, integrado con lavas de composición andesítica textura porfírica, piro clásticos tobáceos y brechas, y ignimbritas tobáceas riolíticas y dacíticas, descritas en el Valle Yanacocha,

5.2.2 DEPÓSITO MORRENA (Qpl - mo).

Los apéndices mencionados que delimitan a los valles están revestidos masivamente por el depósito morrénico como cobertura general y en discordancia angular al Grupo Mitu (principalmente a la facie inferior), los espesores varían según las pendientes, con litología polimíctica, conformado por cantos rodados, predominando las gravas subredondeadas, arenas, con matriz limo y arcilla; gris clara, y buena compacidad.

En el valle río Azafrancucho la masa glaciaria provino del cerro Razuhilca, y en Yanacocha de los cerros Chorroccasa y Huanopata, en ambos casos los flujos glaciarios habría tenido grandes volúmenes, de elevada altura, y de alta energía como para dejar revestido masivamente todas las paredes de los valles; durante el Post - Pleistoceno (época de desglaciaciones masivas). (Planos 5.01 y 5.06),

5.2.3 DEPÓSITO FLUVIO-GLACIAR (Qpl – fl.gl)

En el valle Yanacocha los materiales glaciarios fueron depositados en la margen izquierda y parte central, extendiéndose cauce abajo en varias fases y formas semi circulares, conformado de cantos rodados, gravas sub angulosas, arenas brechoides, con matriz limo y arcilla, color gris clara a marrón, y espesores variables; la masa glaciaria habría sido responsable de los represamientos de lagunas sucesivos, la última fase del flujo glaciario sería de mayor volumen y habría represado la actual laguna Yanacocha.

De igual modo, en el valle Azafrancucho el material morrénico provino del cerro Razuhilca y depositado en la parte central, sería también responsable de los respresamientos sucesivos de varias lagunas glaciares, cada dique sería fases de flujos glaciarios.

Los procesos glaciares se habría originado en las últimas fases de desglaciaciones ocurridos durante el Post-Pleistoceno, (Planos Nos 5.01 y 5.07).

5.2.4 DEPÓSITO ALUVIAL (Qh - al)

En la parte posterior del embalse Yanacocha existe un pequeño depósito, conformado de arena fina a gruesa con matriz de limo y arcilla, acumulado durante las épocas húmedas, (Plano N° 5.01).

En la zona de inundación del embalse Azafrancucho (margen derecha) y pie del riachuelo proveniente de laguna glaciar Peruacocha existe un pequeño cono Aluvial, conformado de gravas, arenas, poco matriz limo y arcilla, con volumen menor. (Plano N° 5.06),

5.2.5 DEPÓSITO LACUSTRINO (Qh - la)

En la llanura izquierda y zona de inundación del embalse Azafrancucho, los sedimentos finos conformados de limo, arcilla orgánica, color rojo amarillenta, en estado saturado y permanente con aspecto fangoso; serían los resultados de laguna antigua. (Plano N° 5.06).

5.2.6 DEPOSITO BOFEDAL (Qh - bo)

Las coberturas de las zonas de cierres en ambos embalses (estribos derechos y aguas abajo de los ejes PA-PB) se encuentran húmedas y con vegetación propia de la Región Puna, son alimentadas continuamente por los afloramientos de aguas generando el Depósito Bofedal, conformado por gravas, arenas, limos y arcilla orgánica, color oscuro. (Planos 5.01, 5.02, 5.06, y 5.07).

5.2.7 DEPÓSITO COLUVIAL (Qh - co)

En la margen izquierda y cola de la zona de inundación del embalse Azafrancucho, (ambos lados del punto topográfico P-3) según la foto N° 03, están acumulados por gravedad al pie del talud, bloques dacíticos de tamaños gigantes carentes de matriz fina, provenientes del Cerro Yanaorcco por desprendimiento mecánico. (Plano N° 5.06).

En la ribera de la laguna Yanacocha, existen pequeñas acumulaciones de bloques dacíticos con tamaños moderados provenientes del cerro Yanaorcco, así como en la ribera izquierda, conformados de gravas arenas y matriz fina provenientes del Depósito Morrénico. (Plano N° 5.01).

5.3.0 GEOLOGIA DEL SUBSUELO

5.3.1 MORFOLOGIA DE LOS HORIZONTES GEOELECTRICOS

A.- EMBALSE YANACocha

Del estudio geoelectrico realizado por Montoya M. Germán (2002), se conoce la morfología del subsuelo en la zona de cierre, mediante la aplicación de sondajes eléctricos verticales (SEVs), cuyos resultados de resistividad eléctrica ha permitido la elaboración de los perfiles geoelectricos transversales y longitudinales: (Plano N° 5.05).

- Perfil PA-PB eje de represamiento.
- Perfil A-A' aguas abajo y paralela al eje PA-PB.
- Perfil B-B aguas arriba y paralela al eje PA-PB.
- Perfil C-C' próximo a la laguna, paralela a las anteriores

Los perfiles geoelectricos demuestran que en sentido vertical (profundidad) hay un conjunto de horizontes geoelectricos, y de acuerdo al numeral 5.3.3 y Cuadro N° 5.2 se han diferenciado tres unidades estratigráficas, las mismas están relacionados con la geología superficial; de los cuales, los dos primeros horizontes (H1 y H2) corresponde al Depósito Fluvio Glaciar, los horizontes H3 al H6 corresponden al Depósito Morrénico, y el horizonte H7 al Grupo Mitu (facie inferior) considerado como el basamento en profundidad.

Los primeros horizontes (H1 y H2) son superficiales, concordantes, paralelos y sin signos de erosiones fluviales; los siguientes horizontes (H3 al H6), son concordantes, paralelos, subhorizontales, aunque indican periodos de pausa, durante el cual ocurrieron periodos húmedos en la zona y la consiguiente erosión fluvial, disectando los horizontes con aspectos de cauces centrales y a veces laterales, considerados como paleocauces; en algunos perfiles geoelectricos se observa la ausencia total de horizontes, al cual se interpreta como erosión masiva o la no depositación de algunas fases.

El Horizonte H7 en profundidad presenta un perfil ondulante y correspondería al eje del plegamiento sinclinal que afecta al Grupo Mitu.

B.- EMBALSE AZAFRANCUCHO

Del mismo modo en las zonas de cierre e inundación del embalse Azafrancucho, la aplicación de los sondajes eléctricos verticales (SEVs), ha permitido definir la morfología del subsuelo y la elaboración de los perfiles geoelectricos siguientes, ver planos de 5.08 al 5.10.

El estudio geoelectricos realizados por Montoya M. Germán (2002), ha permitido la elaboración de los siguientes perfiles geológicos:

- Perfil transversal PA-PB eje de represamiento. (Plano N° 5.09).
- Perfil A-A' aguas abajo y paralela al eje PA-PB. (Plano N° 5.09)
- Perfil B-B aguas arriba y paralela al eje PA-PB. (Plano N° 5.09)
- Perfiles transversales C-C', D-D', E-E', F-F' zona de inundación. (Plano N° 5.10).
- Perfiles longitudinales G-G', H-H' y I-I' (Planos Nos 5.06 y 5.10).

De acuerdo a los perfiles longitudinales, en la zona de inundación existe un basamento general a un nivel muy profundo con relieve irregular, en sentido transversal los horizontes glaciarios presentan cortes profundos debidos probablemente a erosiones fluviales intensas y frecuentes en cada época de pausa durante la depositación.

En la zona de cierre, el basamento general fue localizada a profundidades mayores de 64 metros, con morfología convexa (depresión), en tanto los horizontes glaciarios suprayacentes tienen declives ligeros hacia el cause, con erosiones fluviales parciales e intensas, proceso muy similar al ocurrido en el valle Yanacocha.

5.3.2 ESTRATIGRAFIA DEL SUBSUELO

La secuencia litológica fue deducida sobre la base de los resultados de resistividades eléctricas, la geología superficial y el Cuadro N° 5.02 (equivalencia de horizontes y fases de depositación), con los cuales se ha elaborado los perfiles geológicos mencionados.

A.- EMBALSE YANACocha

1.- ZONA DE CIERRE

Los valores de resistividades eléctricas a identificado una sucesión de horizontes geoelectricos, los mismos fueron agrupados según su génesis en tres unidades, en sentido de la profundidad: Depósito Fluvio Glaciar, Depósito Morrenico y Grupo Mitu.

- DEPOSITO FLUVIO-GLACIAR (Qpl-fl.gl)

Conformado por los horizontes geoelectricos superficiales (H1 y H2), el primer horizonte (H1) consiste de arcilla orgánica gris oscura y espesor delgada, el horizonte subyacente (H2) consiste de cantos, gravas subangulosas, arenas brechoides, matriz limo y arcilla. El espesor varía en cada perfil, como se detalla a continuación:

Perfiles	Máximo m (SEV)	Mínimo m (SEV)	Promedio m.
PA-PB	10.1 (10)	2.5 (03)	4.14
A – A'	5.1 (16)	3.8 (18)	4.36
B – B'	4.6 (20)	3.2 (21)	3.90
C – C'	4.6 (22)	3.1 (22)	3.86

- **DEPOSITO MORRENICO (Qpl-mo)**

Conformado por cuatro horizontes geoelectricos subyacentes (H3 al H6), la litología de modo general es monótoma, conformada por mezcla de cantos, gravas sub redondeados, arenas, matriz limo y arcilla; con espesores variables en cada perfil como se indica:

Perfiles	Máximo m (SEV)	Mínimo m (SEV)	Promedio m.
PA-PB	87.2 (02)	26.0 (1-15)	57.313
A – A'	105.4 (16)	83.4 (18)	112.16
B – B'	76.4 (21)	60.2 (19)	66.13
C – C'	85.4 (24)	69.1 (23)	74.93

- **GRUPO MITU (Ps-mi)**

Corresponde al séptimo horizonte geoelectrico (H7) considerado como el basamento general del área, la litología estaría integrada de conglomerados rojizos según los afloramientos superficiales, el espesor no fue determinado pero se estima sea mayor a la suma de los horizontes suprayacentes, y localizado a profundidades siguientes.

Perfiles	> Prof. m. (SEV)	< Prof. m. (SEV)	Prof. Prom.
PA-PB	91.1 (02)	31.6 (2 y 15)	61.89
A – A'	110.5 (16)	87.2 (18)	96.50
B – B'	79.6 (21)	64.1 (19)	70.30
C - C'	89.3 (24)	72.2 (23)	78.80

Según los resultados geoelectricos, la mayor profundidad del basamento está ubicado en el corte A-A' y menor en el eje PA-PB.

B.- EMBALSE AZAFRANCUCHO

Como en el embalse Yanacocha, los resultados de resistividades eléctricas, espesores de los horizontes ha permitido la definición de las unidades litoestratigráficas, con relación a la geología superficial y la equivalencia de horizontes y fases (Cuadro N° 5.02), que a continuación se describen.

1.- ZONA DE CIERRE.

La secuencia litológica en los perfiles transversales geológicos PA-PB, A-A' y B-B'; en sentido vertical es similar al embalse Yanacocha, (Planos N° 5.08 y 5.09).

- **Depósito Fluvio Glaciar (Qpl – fl.gl)**

Integrado por los horizontes geoelectricos superficiales (H1 y H2), con litología uniforme constituida de cantos, gravas sub angulosas, arenas brechoides, con matriz limo y arcilla; con espesor variable:

Cortes	Máximo m (SEV)	Mínimo m (SEV)	Prom. m.
PA – PB	20.9 (36)	1.0 (27, 28, 29, 41)	6.85
A - A'	17.6 (44)	2.8 (42)	7.93
B -B'	5.7 (46)	1,2 (47)	2.8

- **Depósito Morrénico (Qpl - mo)**

Conformado por cuatro horizontes geoelectricos (H3 al H6), consiste de cantos, gravas sub redondeadas, arenas, con matriz limo y arcilla; los espesores varian como se indica:

Cortes	Máximo m (SEV)	Mínimo m (SEV)	Prom. m
PA-PB	165.7 (28)	67.0 (36)	110.141
A – A'	102.0 (42)	73.3 (44)	85.06
B – B'	111.5 (45)	63.1 (47)	90.20

- **Grupo Mitu (Ps - mi)**

Esta unidad localizada a profundidades mayores a 81.90 y 88.8 m, el espesor se estima sea mayor a los 100 m, conformada de conglomerados según los afloramientos superficiales.

Perfil	>Prof. m (SEV)	< Prof. m. (SEV)	Prof Prom.
PA - PB	81.9 (30)	64.3 (47)	117.223
A – A'	105.6 (42)	82.5 (43)	93.00
B – B'	113.0 (45)	64.3 (47)	86.06

1.- ZONA DE INUNDACION

La secuencia litológica y espesores están ilustrados en los perfiles transversales geológicos (C-C', D-D', E-E', y F-F') y perfiles longitudinales geológicos (G-G', H-H' e I-I'), ver planos 5.08 y 5.10, las mismas son descritas como sigue.

- **DEPOSITO LACUSTRE (Qh-la)**

No se ha definido esta unidad con precisión, tal vez por el espesor mínimo y la condición de saturados al 100 % con agua, pero es notoria en la llanura izquierda, conformada por sedimentos finos (limo y arcilla), coloración rojo amarillento a marrón formando suelos fangosos.

- **DEPOSITO FLUVIO GLACIAR (Qpl-fl.gl)**

La cobertura del valle está conformada por los horizontes (H1 y H2), integrado de grava angulosa y arena con matriz limo y arcilla; el espesor es aproximadamente uniforme, determinando un máximo de 15 m (SEV 53 y perfil G-G') y un mínimo de 3 m (SEV 49).

PERFIL	Máximo m (SEV)	Mínimo m (SEV)	Prom. m
C – C'	8.3 (50)	3.5 (49)	5.23
D – D'	15.1 (53)	5.1 (51)	8.93
E – E'	10.3 (55)	4.9 (56)	22.0
F – F'	6.0 (59)	4.9 (57)	5.56

- **DEPOSITO MORRENA (Qpl-mo)**

Esta unidad conformada de cuatro horizontes geoelectricos sucesivos (H3 al H6), y según los resultados de resistividades eléctricas obtenidos consiste de cantos, gravas y arenas, bajo matriz limo - arcillosa; los espesores registrados varían según el siguiente detalle:

PERFIL	Máxima m (SEV)	Mínima m (SEV)	Prom. m
C – C'	94.7 (49)	86.3 (50)	90.2
D – D'	69.2 (52)	47.7 (51)	60.8
E – E'	83.0 (54)	8.4 (56)	40.8
F – F'	70.9 (58)	30.9 (59)	63.8

- **GRUPO MITU (Ps-mi)**

Esta unidad ubicada a profundidades entre 13,3 y 95.45 m, el espesor no se ha determinado estimándose sea mayor a 94,6 m, y de acuerdo a la geología superficial corresponde a la facie inferior sedimentaria conformada de conglomerados.

Perfil	> Prof. (SEV)	< Prof. m (SEV)	Prof Prom
C – C'	94.6 (50)	93.5 (48)	95.43
D – D'	84.3 (53)	52.8 (51)	69.73
E – E'	89.9 (54)	13.3 (56)	48.13
F – F'	87.0 (56)	36.9 (59)	69.36

5.3.3 EQUIVALENCIA DE HORIZONTES Y FASES

Los horizontes geoelectricos identificados son correlacionados con las fases de depositación glaciaria, existiendo la equivalencia entre ambos parámetros según se indica en el Cuadro siguiente

Cuadro N° 5.02

EQUIVALENCIA DE HORIZONTES Y FASES DE DEPOSITACION

GEOELÉCTRICO	GEOLOGICO	
HORIZONTES	FASES DE DEPOSITACION	
H1	II	Depósito Fluvio Glaciar
H2	I	
H3	IV	Depósito Morrénico
H4	III	
H5	II	
H6	I	
H7	I	Grupo Mitu

5.4.0 ESTRUCTURAS GEOLOGICAS

De acuerdo a López A. Juan y otros (1996) en el Cuadrángulo Geológico de Huanta (área de los embales) existen estructuras tectónicas principal y secundarias, mencionados en las figuras 5.01, 5.03 y 5.04.

5.4.1 GEOANTICLINAL COMAS - TAMBO

La estructura principal es el Geoanticlinal Comas – Tambo de ámbito regional que geográficamente es conocido como Cordillera Oriental, con rumbo general NO a SE, en el área del Proyecto constituye la divisoria de las áreas de recepción hídrica para los embalses y lado oriental, con los cerros más prominentes como Razuhilca – Mataroccasa – Huanopata.

5.4.2 PLEGAMIENTOS LATERALES

Las estructuras tectónicas laterales son transversales al Geoanticlinal desarrollado en el Grupo Mitu (localmente), es notorio en el flanco Occidental y área de los embalses, donde los ejes de los anticlinales laterales o apéndices y sinclinales son propios de los valles glaciarios.

La sucesión de las estructuras tectónicas son aproximadamente paralelas formando valles glaciarios consecutivos bien definidos como Azafrancucho, Yanacocha, Yuncuna y Pallca, con características similares, desarrollados en la misma unidad estratigráfica y son contemporáneos.

5.4.3 CONTACTOS GEOLOGICOS

Es evidente el contacto entre las facies sedimentaria y volcánica del Grupo Mitu en la zona de inundación (hacia la cola) del embalse Azafrancucho, alineado con posición diagonal al valle (margen izquierda), coronando al apéndice lateral medio, se considera contacto

concordante y/o erosional entre las facies, su posición y ubicación no compromete al dique.

En el área del embalse Yanacocha los contactos son también visibles en ambos flancos y fuera del NAME como coronando los apéndices laterales medio e izquierda, por lo cual tampoco compromete al dique.

5.5.0 CONDICIONES GEOLOGICAS SIMILARES

- MORFOLOGIA

La morfología superficial de los valles glaciarios descritos están ubicados en el mismo flanco Occidental del Geoanticlinal Comas – Tambo (Cordillera Oriental o Bloque Razuhuilca), tienen un mismo origen, posición, orientación y altitudes similares, limitados por apéndices o anticlinales laterales y consecutivos, desarrollados en la misma unidad (Grupo Mitu), con perfiles longitudinal y transversal similares, éstos y otros detalles hacen que ambos valles glaciares tengan relieves morfológicos accidentados.

La morfología del subsuelo según los resultados de la Prospección Geoelectrica, está demostrada la existencia de depresiones tectónicas contiguas desarrollado en el Grupo Mitu (facie clástica), cuya cuenca fue revestida y rellenada con los depósitos glaciarios (Depósitos Morrénicos y Fluvio Glaciar) en sucesivos horizontes paralelos / fases depositacionales, entre los horizontes litológicos existieron los periodos de pausa, durante los cuales ocurrieron procesos de erosión fluvial intensas, constituyendo los paleocauces.

- ESTRATIGRAFÍA

El mapeo geológico superficial demuestra la presencia en ambos valles glaciarios las mismas unidades estratigráficas, el subsuelo (sentido vertical) están conformados con horizontes geoelectricos similares, por consiguiente las fases de depositación y unidades estratigráficas son las mismas.

- TECTONICA

Los sistemas de plegamientos descritos en el numeral 5.4.2 indica hubieron dos sistemas de plegamientos tectónicos, la primera de mayor longitud y carácter regional correspondiente al Geoanticlinal Comas – Tambo, que por su altitud alcanzada es considerado como la divisoria de aguas, geográficamente más conocido como Cordillera Oriental, y localmente como Cordillera Razuhuilca.

Posteriormente, los esfuerzos de compresión lateral afectó principalmente a la facies inferior del Grupo Mitu, generando los plegamientos tectónicos secundarios sucesivos y aproximadamente

paralelas, formando los apéndices y delimitando las micro cuencas tectónicas o valles glaciares Azafrancucho y Yanacocha entre otras.

- PROCESOS GEODINAMICOS

Los procesos de glaciación y desglaciación ocurrieron en las mismas épocas, como resultados son los depósitos morrénico y fluvio glaciares que cubrieron a los valles tectónicos masivamente, la secuencia de las unidades glaciarias son similares, así como los componentes litológicos y espesores.

Otros procesos como el intemperismo, drenaje, climas, erosiones tuvieron intensidades y frecuencias muy similares, los cuales se describen en el capítulo de Geodinámica Externa.

CAPITULO VI

PROSPECCION GEOELECTRICA

6.1.0 CARACTERISTICAS GENERALES

6.1.1 CONCEPTOS TEORICOS

La Prospección Geoeléctrica consiste en la aplicación del Método Eléctrico al subsuelo, mediante la emisión y recepción de la conductividad eléctrica, lo cual permite obtener informaciones indirectas de las propiedades físicas e hidráulicas de los materiales subyacentes (cimentaciones); las mismas son interpretadas cuidadosamente desde los puntos de vistas geológico (morfología, estratigrafía, estructuras), hidráulicas (presencia de humedades, sentido del flujo, niveles freáticos), geotecnia (clases y calidad de los materiales) entre otras; estas características son importantes para la definición de los materiales de cimentaciones e implantar estructuras hidráulicas en los ejes de represamientos y obras conexas de los embalses proyectados de Yanacocha y Azafrancucho.

6.1.2 METODOLOGIA APLICADA

Los principios de la prospección geoeléctrica fueron aplicados con mucha anterioridad en estudios geotécnicos similares, para definir la geometría del subsuelo a efectos de implantar diversas estructuras hidráulicas.

En la presente etapa de estudios básicos complementarios realizado por Montoya M. Germán (2002) se ha utilizado la configuración Tetraeléctrica Schlumberger Simétrico y Asimétrico Lineal, cuyas características se describen a continuación.

A.- Método Geoeléctrico de Resistividad.

El método geofísico empleado es la resistividad eléctrica en su variante sondaje eléctrico vertical (SEV), que permite la diferenciación y evaluación de las propiedades físicas e hidráulicas fundamentales de los horizontes geoeléctricos en las condiciones reales, cuyas litológicas permitan la conductividad eléctrica de acuerdo a los siguientes factores:

- Grado de humedad,
- Salinidad,
- Composición litológica,
- Temperatura,
- Mineralogía, etc.

El método geoeléctrico consiste básicamente en la inyección de la corriente eléctrica desde la superficie hacia el interior, mediante dos electrodos de emisión y otros dos para recepción y medición de la caída del voltaje o diferencia del potencial entre otro par de electrodos, o sea se necesitan cuatro puntos de contactos en el terreno, dos para crear un campo eléctrico a partir de una fuente de energía y otros dos para medir sus efectos. De

este modo se obtiene la resistividad eléctrica del subsuelo (diferentes horizontes) a ciertas profundidades.

La resistividad eléctrica es medible siempre que se conozca el cociente entre el voltaje y la intensidad (V/I) y la relación sección longitud del subsuelo en cada sondaje aplicado (V/L).

B. Resistividades de Rocas y Suelos.

Salvo ciertas excepciones (yacimientos de grafito y metales sulfurosos), los demás minerales constituyentes de los estratos rocosos y horizontes de suelos (gruesos y finos) son materiales aislantes perfectos.

Las resistividades eléctricas de los estratos rocosos generalmente son elevados (100 000 veces mayor respecto a los metales puros); mientras en los horizontes de suelos húmedos (gruesos y finos) son muy bajos a medianos. Estos valores, esencialmente están en función del agua de la cual está embebida, composición física y química del agua, y por consiguiente de la naturaleza litológica integrante.

Al respecto, Castany G. (1975) ha propuesto varios rangos de resistividades eléctricas para las rocas y suelos (según su naturaleza), indicados en el siguiente Cuadro:

CUADRO N° 6.01

RANGOS DE RESISTIVIDADES ELECTRICAS

Naturaleza litológica	Rangos Ohm-m
Marga,	0,5 – 20
Calcáreos (caliza),	100 – 5 000
Greda, areniscas,	60 – 10 000
Cuarzo,	20 000
Granito,	300 – 15 000
Roca eruptiva compacta.	500 – 20 000
Roca eruptiva alterada,	50 – 500
Aluviones, arenas, gravas	100 – 1 000
Suelos arcillosos,	10 – 20
Arcilla en agua salada,	1 – 10
Arcilla en agua dulce.	10 – 100

El autor hace referencia a varias investigaciones realizadas en suelos y rocas como casos típicos, de los cuales se ha deducido los rangos, cuyos valores son aplicables.

- Un suelo seco en principio no es buen conductor de la corriente eléctrica por la conformación de materiales aislantes, pero en realidad no existe un suelo seco completamente (siempre contiene agua de retención), en este caso el valor de la resistividad eléctrica es sumamente alto, y varía entre 300 a 30 000 Ohmm.

- Los suelos húmedos tienen resistividades eléctricas que varían desde 60 hasta 20 000 Ohmm, y los suelos saturados con agua dulce tienen valores bajos, comprendida entre 50 a 100 Ohmm.
- Los suelos saturados y salados con intrusiones del agua de mar tienen valores de resistividades eléctricas muy bajas entre 1 a 4 Ohm-m.
- Se tiene –por ejemplo- un suelo saturado con agua dulce la resistividad eléctrica es de 50 a 100 Ohmm, el cual disminuye de 1 a 4 Ohmm por intrusión del agua marina.
- Finalmente, los estratos rocosos tienen resistividades eléctricas cuyos valores están en función del grado de humedad constante, del contenido de sales disueltas en el agua, retención del agua en los poros y fracturas.

C. Configuración de Electrodo.

La configuración de electrodos empleada en la investigación es: Schlumberger Simétrica y Asimétrica, dada las buenas condiciones morfológicas de las superficies (pendientes llanas a inclinadas).

La configuración Schlumberger Simétrica es un dispositivo tetraeléctrica simétrica y lineal, con su relación de electrodos de corriente y de potencial (4 AB/MN 2c), se utiliza en superficies con morfologías poco accidentada o regular (pendientes suaves a moderadas)

En ciertos tramos cuando la morfología del terreno es accidentada (irregular), la configuración Schlumberger Asimétrica utiliza una disposición trielectródica, con un electrodo de corriente al infinito (más de 1 000 metros).

Con estos dos dispositivos se efectuaron una serie de medidas de resistividades eléctricas aparentes, para distancias AB/2 creciente según una progresión geométrica, que proporcione de 5 a 10 medidas en cada cambio de MN.

El dispositivo Schlumberger tiene las siguientes ventajas:

1. Entre dos medidas sucesivas se desplazan solamente un par de electrodos, lo cual reduce considerablemente el tiempo de medición en cada estación.
2. Elimina el alto ruido ó sonido ante potencias (SP) provocados por efectos de las corrientes telúricas y/ó estructuras geológicas internas.

6.1.3 EQUIPO GEOELECTRICO.

El equipo de Prospección Geoeléctrico utilizado en la presente investigación consta de las siguientes herramientas:

1. Un equipo Soil Test R-60 DC conformado de dos unidades con lectura digital de fabricación estadounidense.
2. Dos carretes (bobinas) con cables de baja resistividad eléctrica aptos para soportar tensiones, electrodos de fierro (A, B), y electrodos de acero inoxidable (M, N), comba, una batería de 12 voltios y accesorios varios.

6.2.0 ACTIVIDADES REALIZADAS

6.2.1 FASE DE CAMPO

Las investigaciones se realizaron durante los meses de mayo y junio del año 2002 supervisado por el INRENA, con la aplicación de un total de 24 SEVs en el embalse Yanacocha (Cuadro 6.02), y 35 SEVs en el embalse Azafrancucho (Cuadro 6.03), sumando un total de 59 SEVs.

La zona de cierre fue abarcada con 4 ejes transversales al valle.

CUADRO N° 6.02

SONDAJES GEOELECTRICOSEMBALSE YANACocha

Ejes	SEVs	Altitud msnm	Disparos	Ubicación
PA-PB	01	3996,0	05	Estribo izquierdo
	02	3987,0	05	Id
	03	3983,0	05	Id
	04	3976,0	05	Id
	05	3975,0	06	Id
	06	3974,0	04	Id
	07	3973,0	07	Cauce
	08	3972,0	06	id
	09	3972,0	06	id
	10	3974,0	05	Estribo derecho
	11	3975,5	06	Id
	12	3980,5	06	Id
	13	3989,8	04	Id
	14	3994,6	05	Id
	15	3995,5	05	Id
A-A'	16	3974,0	04	Estribo derecho
	17	3977,0	06	Cauce
B-B'	18	3982,5	05	Estribo izquierdo
	19	3989,0	04	Estribo izquierdo
C-C'	20	3974,0	06	Cauce
	21	3978,0	06	Estribo derecho
	22	3983,0	06	Estribo derecho
	23	3977,0	05	Cauce
	24	3984,5	06	Estribo izquierdo

- 15 SEVs en el eje PA-PB (01 al 15) dique principal.
- 03 SEVs en el eje A-A' (16 al 18) aguas abajo del dique.
- 03 SEVs en el eje B-B' (19 al 21) aguas arriba del dique.
- 03 SEVs en el eje C-C' (22 al 24) cerca a la laguna.

En el embalse Azafrancucho se emplearon 35 SEVs, distribuidos en 7 ejes transversales al valle, cuyos detalles se indica.

CUADRO N° 6.03

SONDAJES GEOELECTRICOS EMBALSE AZAFRANCUCHO

Ejes	SEVs	Altitud msnm	Disparos	Ubicación
PA-PB	25	3995,0	05	Estribo izquierdo
	26	3985,0	06	Id
	27	3978,0	06	Id
	28	3974,0	06	Id
	29	3973,0	05	Id
	30	3975,5	05	Id
	31	3961,5	06	Cauce
	32	3964,5	06	Id
	33	3964,0	05	Id
	34	3964,0	05	Id
	35	3966,5	06	Estribo derecho
	36	3969,0	04	Id
	37	3972,0	04	Id
	38	3975,5	05	Id
	39	3979,0	05	Id
	40	3983,0	05	Id
	41	3988,0	06	Id
A-A'	42	3982,0	05	
	43	3961,0	05	Cauce
B-B'	44	3982,0	04	Estribo izquierdo
	45	3982,0	05	Id
C-C'	46	3961,0	04	Cauce
	47	3982,0	05	Estribo derecho
D-D'	48	3984,0	05	Margen derecho
	49	3969,0	04	Cauce
E-E'	50	3974,0	05	Margen izquierdo
	51	3984,0	06	Id
F-F'	52	3969,0	05	Cauce
	53	3984,0	04	Margen derecho
	54	3983,0	05	Id
	55	3974,0	04	Cauce
	56	3990,0	04	Margen izquierda
	57	3980,0	06	Id
	58	3976,0	06	Cauce
	59	3989,0	04	Margen derecho

- 16 SEVs en el eje PA-PB (25 al 41) dique principal.
- 03 SEVs en el eje A-A' (42 al 44) aguas abajo del dique.
- 03 SEVs en el eje B-B' (45 al 47) aguas arriba del dique.
- 03 SEVs en el eje C-C' (48 al 50) zona de Inundación.
- 03 SEVs en el eje D-D' (51 al 53) zona de inundación.
- 03 SEVs en el eje E-E' (54 al 56) zona de inundación.
- 03 SEVs en el eje F-F' (57 al 59) zona posterior de inundación.

Los SEVs en los ejes PA-PB de ambos embalses son simétricos, las estaciones se ubicaron cada 20 metros por tratarse del estudio a nivel de factibilidad, para registrar las probables anomalías en los horizontes litológicos con variaciones laterales.

Los ejes A-A', B-B' y C-C', están ubicados en la zona de cierre del embalse Yanacocha.

Los ejes A-A' y B-B' complementan la zona de cierre, los ejes C-C', D-D', E-E' y F-F' están ubicados en la zona de inundación del embalse Azafrancucho.

Los ejes transversales están ubicados aproximadamente a 100 metros.

Las medidas de A-B inicialmente fueron de 3 metros como mínimo y 800 metros como máximo; de igual modo la medida de M-N fueron de 2 a 80 metros; con los cuales se ha obtenido informaciones adecuadas.

6.2.2 FASE DE GABINETE

Las informaciones geoelectricas obtenidas en la fase de campo fueron procesadas de acuerdo a los términos de referencia elaborados para tal caso, cuyas actividades se resume como sigue.

- Cálculo de las resistividades eléctricas (CE) de los SEVs,
- Determinación del espesor de los horizontes,
- Ubicación de los niveles freáticos,
- Elaboración del perfiles geoelectricos de cada SEV,
- Elaboración de los perfiles geoelectricos transversales
- Descripción litológica de los horizontes en concordancia con los rangos del Cuadro N° 6.01.

6.3.0 CRITERIOS DE INTERPRETACION CUANTITATIVA

Los procesos de interpretación de los sondajes eléctricos verticales (SEVs) consisten en el cálculo de los valores reales de las resistividades eléctricas, y espesores de los horizontes identificados en cada estación.

La interpretación puede ejecutarse por medios analíticos, matemáticos y por comparación basándose en curvas técnicas conocidas.

Las curvas maestras teóricas existentes en el mercado, son los más asequibles para rocas y suelos estratificados en contactos paralelos a la superficie.

6.4.0 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados de interpretaciones cuantitativas fueron reajustados a través del programa especial establecido para las resistividades eléctricas.

Se adjunta dos resultados geoelectricos como ejemplo, correspondiente a los SEV N° 25 y 29, ubicados en el eje PA-PB del embalse Azafrancucho, similares gráficos corresponden a los demás SEVs de ambos embalses.

6.4.1 TIPOS DE CURVAS EN LOS SONDAJES

Los sondajes eléctricos verticales (SEVs), están agrupados en tres factores tipos que corresponden a KHGH, KQH y QQH; distribuidos en las Zonas de Cierres.

La aplicación de los SEVs en los embalses ha determinado hasta siete horizontes geoelectricos en materiales clásticos, y un horizonte en profundidad que correspondería al basamento general conformado probablemente de conglomerados.

6.4.2 COLUMNA TIPICA DE LOS HORIZONTES

Los resultados de las resistividades eléctricas aplicadas está en función a varios parámetros como la litología, humedad, estructura de los horizontes, y paleomorfología, los cuales que permitieron definir la secuencia de los horizontes geoelectricos en sentido de la profundidad, habiéndose determinado un total de siete horizontes geoelectricos, los mismos fueron relacionados con la geología superficial, de los cuales los dos primeros horizontes (H1–H2) correspondería al Depósito Fluvio Glaciar, los siguientes horizontes (H3-H6) pertenecería al Depósito Morrénico, y el horizonte H7 sería el basamento general y correspondería al Grupo Mitu (facie sedimentaria), cuyos resultados contienen los cuadros N°s 6.04 al 6.07., y los planos N°s 6.01 al 6.05.

CUADRO N° 6.04

RESULTADOS GEOELÉCTRICOS EJE PA-PBEMBALSE YANACOA

SEV	f_1 h_1	f_2 h_2	f_3 h_3	f_4 h_4	f_5 h_5	f_6 h_6	f_7 h_7	H m	Ubicación
01	1205,6 0,9	5436,8 1,7	368,1 2,1	185,3 26,9	- -	- -	541,7 ∞	31,60	Estribo izquierdo
02	2648,5 1,3	1908,4 2,6	200,0 9,8	339,8 77,4	- -	- -	816,7 ∞	91,10	Estribo izquierdo
03	198,5 1,0	1155,2 1,5	295,7 9,5	264,7 61,8	- -	- -	631,0 ∞	73,80	Estribo izquierdo
04	272,4 0,9	834,9 2,5	268,7 8,1	287,4 69,9	- -	- -	786,5 ∞	81,40	Estribo izquierdo
05	261,6 1,1	1103,1 1,7	212,2 12,6	365,3 11,9	167,1 32,2	- -	908,7 ∞	59,50	Estribo izquierdo
06	572,3 1,0	1073,1 2,5	224,1 54,3	-	-	-	451,5 ∞	57,80	Estribo izquierdo
07	475,0 1,3	635,6 2,2	246,1 6,3	140,7 5,2	262,2 21,2	173,8 24,0	439,3 ∞	60,20	Estribo izquierdo
08	855,7 1,1	545,9 3,3	166,7 7,4	315,6 18,2	116,6 27,5	-	646,0 ∞	57,50	Estribo izquierdo
09	824,7 1,1	674,1 2,3	102,8 2,5	360,4 23,6	89,8 21,0	-	945,7 ∞	50,70	Cauce
10	548,3 1,3	212,0 8,8	267,5 15,0	141,7 31,3	-	-	909,4 ∞	56,40	Cauce
11	215,8 1,1	615,9 2,8	169,7 15,3	321,4 17,8	140,2 32,8	-	1924,7 ∞	69,80	Estribo Derecho
12	295,7 1,1	668,3 2,8	147,3 10,4	368,3 17,1	151,9 36,3	-	1515,7 ∞	67,70	Estribo Derecho
13	290,1 1,1	781,9 4,0	169,4 62,0	-	-	-	618,0 ∞	67,10	Estribo Derecho
14	599,9 1,2	648,6 2,7	943,8 3,2	117,2 65,2	-	-	310,2 ∞	72,30	Estribo Derecho
15	241,9 1,4	539,0 3,8	186,0 3,7	95,2 22,3	-	-	203,4 ∞	31,20	Estribo Derecho

f = Resistividad eléctrica en Ohmm.

h = Espesor de cada horizonte geoelectrico en m.

H = Profundidad del basamento y base de la secuencia medida.

CUADRO N° 6.05

RESULTADOS GEOELECTRICO EJES A-A', B-B' Y C-C'
EMBALSE YANACocha

SEV	f_1 h_1	f_2 h_2	f_3 h_3	f_4 h_4	f_5 h_5	f_6 h_6	f_7 h_7	H m	Ubicación
16	466,3 1,4	740,8 4,7	234,6 104,4				344,3 ∞	110,50	A-A' Margen. Derecha
17	116,2 1,2	522,2 3,0	104,5 8,8	330,6 75,3	218,3 63,6		420,5 ∞	151,90	Cauce
18	462,3 1,1	2186,8 2,7	359,3 15,4	196,8 68,0			510,1 ∞	87,20	Margen Izquierda
19	1592,7 1,2	5321,4 2,7	204,6 60,2				502,6 ∞	64,10	B-B' Margen Izquierda
20	266,6 1,2	793,4 3,4	202,9 10,2	431,6 15,2	90,4 36,4		701,2 ∞	66,40	Cauce
21	905,7 0,9	2803,5 2,3	129,3 2,7	387,1 22,1	177,3 51,6	-	1459,1 ∞	79,60	Margen Derecha
22	371,8 1,3	1006,5 3,3	572,8 11,5	957,7 15,7	201,1 43,1		2134,4 ∞	74,90	C-C' Margen Derecha
23	220,7 1,1	588,3 2,0	148,2 6,0	456,3 63,1			1349,0 ∞	72,20	Cauce
24	778,5 1,0	224,2 2,9	330,4 13,8	618,6 22,4	299,8 49,2		2050,6 ∞	89,30	Margen Izquierda

f = Resistividad eléctrica en Ohmm

h = Espesor de cada horizonte geoelectrico en m.

H = Profundidad del basamento y base de la secuencia medida.

CUADRO N° 6.06

**RESULTADOS GEOELECTRICOS EJE PA-PB
EMBALSE AZAFRANCUCHO**

SEV	f ₁ h ₁	f ₂ h ₂	f ₃ h ₃	f ₄ h ₄	f ₅ h ₅	f ₆ h ₆	f ₇ h ₇	H m	Sector Eje presa
25	.....	1309,6 1,1	1990,8 3,2	541,9 23,9	153,1 83,1	.....	985,1 -----	111,3	Estribo Izquierdo
26	.....	658,2 1,2	1692,2 2,9	418,3 25,5	578,3 27,3	269,3 49,4	3161,2 -----	106,3	id
27	.....	418,7 1,0	2753,8 1,9	434,8 19,1	287,6 48,7	231,6 72,1	485,6 -----	142,8	id
28	.....	1339,7 1,0	17283,8 1,2	495,3 8,2	409,4 48,7	136,2 108,2	707,2 -----	166,7	id
29	.....	1647,6 1,0	6725 1,8	787,8 16,2	258,5 111,4	.....	375 -----	130,4	id
30	.....	896,3 1,1	2267,2 5,3	561 12,0	96,3 63,5	.....	2202,0 1,8	81,9	id
31	.....	674,5 1,0	2725,6 2,4	322,4 19,8	373,9 37,3	156,8 50,8	1065,9 -----	111,3	id
32	503,8 1,1	1027 5,1	348,5 2,5	583,5 27,5	146,3 70,2	-----	1123,4 -----	106,4	id
33	188,2 1,2	829 14,6	361,2 28,0	180,6 72,9	.....	-----	1962,9 -----	116,7	Cauce
34	184,8 1,8	980,4 11,3	346,4 68,7	141,8 38,0	.....	-----	466,1 -----	119,8	id
35	417,6 0,9	1573,3 2,5	407,2 6,6	1120,1 15,0	251,3 74,9	-----	2680,1 -----	99,9	id
36	163,7 1,4	876,3 19,5	373 67,9	.....	.....	-----	755,9 -----	88,8	Estribo Derecho
37	121,6 1,8	1106,6 16,4	339,6 91,5	.....	.....	-----	640,8 -----	109,7	id
38	117,2 1,3	829,5 14,1	401,3 27,6	285,7 75,1	.....	-----	549,5 -----	118,1	id
39	140,0 1,4	1025,1 12,5	470,1 27,6	258,0 75,1	.....	-----	597,4 -----	116,6	id
40	.....	202,8 1,1	1570,1 4,6	443,0 43,1	234,6 79,9	-----	402,1 -----	128,7	id
41	.....	4380,1 1,0	10580,5 2,9	438,1 13,5	716,5 47,0	152,3 69,2	605,4 -----	133,4	id
42	10243,8 1,5	9533,4 1,9	701,7 66,4	216,7 35,8	.....	-----	754,8 -----	105,6	A – A' Aguas abajo
43	314,1 1,1	612,3 1,7	606,5 27,2	371,0 52,5	.....	.....	2224,4 -----	82,5	id
44	1849,7 0,9	710,8 16,7	316,9 73,3	.....	.....	-----	919,8 -----	90,9	id
45	.....	2512,2 1,5	1293 4,4	436,9 29,1	134,2 78,0	.....	985,2 -----	113,0	B- B'- Aguas arriba
46	261,2 1,2	1446 4,5	434,8 75,2	.....	.....	-----	2219,1 -----	80,9	id
47	.....	2026,5 1,2	5474,5 3,5	561,8 24,9	205,9 34,7	.....	914,1 -----	64,3	id

f = Resistividad eléctrica en Ohmm

h = Espesor de cada horizonte geoelectrico en m.

H = Profundidad del basamento y base de la secuencia medida.

CUADRO N° 6.07

**RESULTADOS GEOELECTRICOS ZONA DE INUNDACIÓN
EMBALSE AZAFRANCUCHO**

SEV	f ₁ h ₁	f ₂ h ₂	f ₃ h ₃	f ₄ h ₄	f ₅ h ₅	f ₆ h ₆	f ₇ h ₇	H m	Sector Vaso
48	4446,1 1,0	14199,5 2,9	788,0 16,9	219,9 72,7	.....	.....	1264,2 -----	93,5	C – C' Margen Derecha
49	402 0,8	2242,5 2,7	375,4 94,7	.....	.....	-----	1391,1 -----	98,2	cauce
50	359,4 1,1	1151,6 7,2	193,5 34,4	107,0 51,9	.....	.....	2160,0 -----	94,6	Margen Izquierdo
51	10677,2 1,1	2862,5 4,0	327,9 4,8	976,6 20,2	73,4 22,7	.....	2514,0 -----	52,8	D – D' Margen Izquierda
52	115,3 1,3	361,5 5,3	639,3 11,7	259,3 53,8	.....	-----	987,6 -----	72,1	cauce
53	1344,9 2,6	902,8 12,5	246,7 69,2	.....	.....	.....	7328,5 -----	84,3	Margen Derecha.
54	731,5 1,2	3651,2 5,6	332,7 17,7	229,9 65,4	.....	.....	1053,2 -----	89,9	E – E' Margen Derecha.
55	183,7 1,3	1602,8 9,0	312,2 30,9	.....	.....	-----	1877,7 -----	41,20	cauce
56	2938,7 1,3	295,9 3,6	66,2 8,4	.....	.....	.....	2169,4	13,3	Margen Izquierda.
57	220,6 1,2	1166,7 3,7	482,9 8,4	1104,9 15,5	441,0 55,4	.....	1771,0 -----	84,2	F – F' Margen Izquierda.
58	2241,1 1,3	1079,5 4,5	408,1 7,7	945,2 16,4	167,6 57,1	-----	1219,6 -----	87,0	cauce
59	756,4 1,2	3109,6 4,8	419,0 30,9	-----	.....	.....	6908,6 -----	36,9	Margen Derecha

f = Resistividad en Ohm-m

h = Espesor de cada horizonte en m.

H = Profundidad hasta la base de la capa.

6.5.0 DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES GEOELECTRICOS

La ubicación de las estaciones (SEVs) han permitido la elaboración de varios cortes geoelectricos (transversales y longitudinales), en los cuales resaltan las propiedades físicas de los horizontes como resistividades eléctricas (Ohmm), espesores (m), humedad, litología, erosiones, paleocauces y ubicación del basamento general en profundidad, aunque no se ha determinado el nivel freático sólo humedad, a continuación se describe los horizontes geoelectricos definidos en cada SEVs y de cada embalse.

6.5.1 EMBALSE YANACocha

Las estaciones (SEVs) ubicadas en el Plano Geológico 5,02, y Cuadro N° 6,02 los resultado en el Cuadro N° 6,05, y los planos N° 6.01 al 6,03 perfiles geoelectricos.

A. CORTE GEOELECTRICO DEL EJE PA-PB

Los primeros 15 SEVs numerados del estribo izquierdo al derecho, ubicados simétricamente cada 20 m., sobre el alineamiento del eje PA-PB, con morfología de laderas inclinadas uniformemente hacia el cauce, con cobertura parcialmente saturada con vertientes, (estribo derecho), habiendo definido siete horizontes geoelectricos. Ver Plano N° 6,01.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme con espesores desde 0,9 a 1,4 m., promedio 1,14 m; resistividad eléctrica desde 198,5 (SEV 03) hasta 2 648,5 Ohmm (SEV02) con promedio 460,46 Ohmm considerados media a muy alta, no obstante la superficie del cauce y el estribo derecho se encuentran húmedas; integrado de sedimentos clásticos: cantos, gravas, arenas y finos, se caracteriza por presentar baja permeabilidad y flujo rápido. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesores desde 1,5 (SEV 03) hasta 8,8 m (SEV 10) promedio 3,66 m, resistividad eléctrica variable de 212 (SEV 10) hasta 5 436,8 Ohmm (SEV 01) promedio 1 119,55 Ohmm considerados media a muy alta, constituido de litología similar al horizonte H1. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3

Perfil irregular, espesores desde 2,1 (SEV 01) hasta 62 m (SEV 13) promedio 14,743 m, resistividad eléctrica variable de 102 (SEV 09) a 943,8 Ohmm (SEV 14) promedio 264,54 Ohmm considerados baja a alta, integrada por sedimentos clásticos: gravas sub redondeadas, arenas, matriz limo y arcilla; ausente en los SEVs (02 al 05) probablemente no se depositó o fue barrido por erosión fluvial, en todo caso se trataría de un paleocauce. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4

Perfil irregular, espesor variable de 5,2 (SEV 07) a 77,4 m (SEV 02) promedio 35,2 m, resistividad eléctrica de 9,2 (SEV 15) a 368,3 Ohmm (SEV 12) promedio 254,07 Ohmm considerados baja a media, constituido por sedimentos clásticos similar al horizonte superior H3, parcialmente húmeda con flujo lento de agua. Ausente en los SEVs (06 y 13) que probablemente fue erosionado indicando dos paleocauces laterales. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5

Perfil irregular, espesor variable de 21 (SEV 09) a 36,3 m (SEV 12) promedio 28,5 m, resistividad eléctrica varía de 89,8 (SEV 09) a 262,2 Ohmm (SEV 07) promedio 154.63 Ohmm considerados baja a media,

integrado por gravas, arenas, matriz limo y arcilla, estado húmeda con flujo lento del agua; ausencia en las estaciones (SEVs 05, 07, 09, 11 y 12) probablemente por erosión fluvial posterior a la época de depositación, indicando tres paleocauces. Depósito Morrénico.

- Horizonte H6.

Perfil irregular, identificado sólo a la altura del cauce, con espesor de 24 m, resistividad eléctrica 173,8 Ohmm considerado media, conformado por sedimentos clásticos similares al horizonte superior; la ausencia del horizonte en los estribos sugiere erosión fluvial intensa en el periodo de pausa indicando dos paleocauces. Depósito Morrénico.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a las profundidades de 31,20 y 91,10 m, indicando sea el basamento general, con morfología ondulante, el espesor no fue posible definir y se estima sea mayor a la suma de los horizontes suprayacentes descritos, resistividad eléctrica variable de 203,4 (SEV 15) a 1 924 Ohmm (SEV 11) promedio 776,56 Ohmm considerados media a muy alta, la litología correspondería al conglomerado con matriz arena, limo y arcilla, del Grupo Mitu de acuerdo a los afloramientos en superficie.

B. CORTE GEOELECTRICO A-A' (AGUAS ABAJO EJE PA-PB).

Ubicadas aguas abajo y paralelo al eje principal, con la finalidad de correlacionar los horizontes con el eje PA-PB, Ver Plano N° 6,02.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, espesores de 1,1 (SEV 18) a 1,4 m (SEV16) promedio 1,23 m, resistividad eléctrica incrementa de 116,2 (SEV 17) a 466.3 Ohmm (SEV 17) promedio 348.26 Ohmm considerados baja a media, integrado por sedimentos orgánicos en la cobertura seguido por gravas, arenas y limos y arcillas; saturada con agua de vertientes, indicando permeabilidad alta y permite flujo rápido. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor variable de 2,7 (SEV18) a 4,7 m (SEV16) promedio 3,46 m, resistividad eléctrica incrementa de 522,2 (SEV 17) a 2,186 Ohmm (SEV 18) promedio 1 149,93 Ohmm considerados media a muy alta, integrado por cantos, gravas, arenas, matriz limo y arcilla, estado subhúmedo y baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor 8,8 (SEV 17) a 104,3 m (SEV 16) promedio 44,2 m, resistividad eléctrica incrementa de 104,5 (SEV 16) a 359,3 Ohmm (SEV 18) promedio 232,8 Ohmm considerados baja a media, conformado de gravas, arenas, con matriz limo y arcilla, estado subhúmedo y flujo lento. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular, ausente en el SEV 16 (estribo derecho), espesor de 68,a 75,3 m promedio 71,65 m, resistividad eléctrica varia de 196,8 (SEV 18) a

330.6 Ohmm (SEV 17) promedio 263.7 Ohmm considerados media, conformado de gravas, arenas y limo arcilloso. La ausencia del horizonte se debería probablemente a la erosión fluvial y constituye el paleocauce. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Identificado solamente en el cauce mediante el SEV 17, que define perfil irregular, con espesor 63,6 m y resistividad eléctrica 218,3 Ohmm considerado media, integrado por materiales similares al horizonte H4. La ausencia en los laterales del valle se debería a la erosión fluvial antes de la ocurrencia del Horizonte H4, e indica dos paleocauces. Depósito Morrénico.

- Horizonte H6,

Este horizonte no fue identificada con los tres SEVs, la ausencia se estima fue erosionada masivamente por los flujos fluviales muy intensos luego de la época de deposición o probablemente no se habría depositado.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a 87,20 y 151,90 m de profundidad, morfología ondulante, considerado basamento general, el espesor aún no ha sido determinado estimándose sea mayor a 87,2 y 151,90 m, la resistividad eléctrica varía de 344,3 (SEV 16) a 510,1 Ohmm (SEV 18) promedio 637,45 Ohmm considerados medio a alto, constituido por conglomerados del Grupo Mitu expuesto en la superficie.

C. CORTE GEOELÉCTRICO B-B' AGUAS ARRIBA (EJE PA-PB).

Ubicado aguas arriba del eje principal PA-PB aproximadamente a 100 m, se ha identificado solo cinco horizontes en material suelto, no se ha ubicado el horizonte H6. Ver Plano N° 6,03.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, con espesores de 0,9 (SEV 21) a 1,2 m (SEVs 19 y 20) promedio 1,1 m, resistividad eléctrica desde 905,7 (SEV 21) hasta 1592,7 Ohmm (SEV 19) promedio 921,66 Ohmm, considerados alta a muy alta, integrado de materiales clásticos secos: cantos, gravas, arenas, matriz limo y arcilla, en algunos tramos constituye como cobertura delgada con sedimentos finos y en condición de saturada parcialmente. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2,

Perfil uniforme, espesor varía de 2,3 (SEV 21) a 3,4 m (SEV20) promedio 2,80 m, resistividad eléctrica incrementa de 793.4 (SEV 20) hasta 5 321,.4 Ohmm (SEV 19) promedio 2 772,76 Ohmm considerados alta a muy alta, conformado de cantos rodados, gravas, arenas con matriz limos y arcillas, estado seco y permeabilidad muy baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor de 2,7 (SEV 21) a 60,2 m (SEV 19) promedio 23,7 m, resistividad eléctrica desde 129,3 (SEV 21) hasta 204,6 Ohmm (SEV 19) promedio 178,73 Ohmm considerado bajo a media, integrado de gravas,

arenas, matriz limo y arcilla, estado húmeda con flujo lento de agua. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular, espesor de 15,2 (SEV 20) a 22.1 m (SEV 21) promedio 18,65 m, resistividad eléctrica de 387,1 (SEV 21) a 431,6 Ohmm (SEV 20) promedio 409,35 Ohmm considerado media, conformado de gravas, arenas, matriz limo y arcilla. La ausencia del horizonte en la margen derecha se estima fue erosionada por flujos de agua indicando el paleocauce. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Perfil irregular similar al horizonte H4, espesores de 36,4 (SEV 20) a 51,6 m (SEV 21) promedio 44 m, resistividad eléctrica varía de 90,4 (SEV 20) a 177,3 Ohmm (SEV 21) promedio 133,85 Ohmm considerados baja a media, integrada por materiales clásticos similares al horizonte superior, la ausencia en la margen derecha indica erosiones fluviales y el respectivo paleocauce. Depósito Morrénico.

- Horizonte H7,

Perfil uniforme, ubicada a 64,1 y 79,9 m de profundidad, resistividad eléctrica de 502,6 (SEV 19) a 1 459,1 Ohmm (SEV 21) promedio 887,63 Ohmm considerados alto a muy alta, constituido de conglomerado del Grupo Mitu expuesto en la superficie.

D. CORTE GEOELECTRICO C-C'

Ubicada aguas arriba y próxima a la laguna Yanacocha con el propósito de conocer la continuidad de los horizontes hacia el área de inundación, identificando cinco horizontes en suelos clásticos y uno como basamento general. Ver Plano N° 6,04.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, espesores de 1,0 (SEV 24) a 1,3 m (SEV 22) promedio 1,46 m, resistividad eléctrica varía desde 220.7 (SEV 23) hasta 778,5 Ohmm (SEV 24) promedio 457 Ohmm considerados medio a alta, esta cobertura consiste de sedimentos orgánicos saturados, subyace cantos, gravas, arenas, con matriz limo arcilloso, estado húmedo y flujo lento. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor 2,0 (SEV 23) a 3,3 m (SEV 22) promedio 2,73 m, resistividad eléctrica incrementa de 588,3 (SEV 23) a 2242 Ohmm (SEV 24) promedio 1278,93 Ohmm considerados alto a muy alta, integrada de cantos, gravas, arenas, con matriz limo arcilloso, estado húmedo y con flujo lento del agua. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesores de 6,0 (SEV 23) a 13,8 m (SEV24) promedio 12,43 m, resistividad eléctrica varía de 148,2 (SEV 23) a 572,8 Ohmm (SEV 22) promedio 350,46 Ohmm considerados medio a alta, integrada de

cantos, gravas, arenas, matriz limo y arcilla, estado húmeda y flujo lento. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil uniforme, espesor de 15,7 (SEV 22) a 63,11 m (SEV 24) promedio 33,73 m, resistividad eléctrica varía desde 456,3 (SEV 23) hasta 957,7 Ohmm (SEV 22) promedio 677,53 Ohmm considerados alto, conformado por sedimentos clásticos: gravas, arenas, matriz limo y arcilla, estado subhúmedo. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Identificada solamente en los márgenes determinando un perfil irregular, espesor de 43,1 (SEV 22) a 49,2 m (SEV 24) promedio 46,15 m, resistividad eléctrica varía de 201,1 (SEV 22) a 299,8 Ohmm (SEV 24) promedio 250,45 Ohmm, considerados media, integrada por materiales similares al horizonte superior, la ausencia en el cauce puede deberse a la erosión fluvial e indica el paleocauce. Depósito Morrénico.

- Horizonte H6

Este horizonte no fue identificado en el área, y se asume fue erosionada masivamente y/o no se habría depositado.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicada a profundidades de 72,2 y 89,3 m determinando una morfología convexa, el espesor no fue determinado, la resistividad eléctrica incrementa de 1 349 (SEV 23) a 2 134,4 Ohmm (SEV 22) promedio 1 844,66 Ohmm considerados alto a muy alta, y estaría conformado por estratos de conglomerado del Grupo Mitu según la geología superficial.

6.5.2 EMBALSE AZAFRANCUCHO

Las actividades geoeléctricas fueron la continuación del embalse Yanacocha, en el mismo periodo, en la cual se aplicaron 35 SEVs, la ubicación se indica en Plano Geológico N° 5,07, las características de los perfiles se indica en el Cuadro N° 6,03, los resultados en los Cuadros N°s 6,06 y 6,07, esquematizados en los Planos N°s 6,04 al 6,05.

La distribución de los ejes transversales se indica en el numeral 6.2.1 Fase de Campo.

A. CORTE GEOELECTRICO EJE PA-PB DIQUE PRINCIPAL

En este corte se ha identificado hasta seis horizontes en materiales glaciarios y uno en material conglomerado. Ver Plano N° 6.04.

- Horizonte H1.

Perfil superficial, con espesores de 0,9 (SEV 35) a 1,8 m (SEVs 34 y 37) promedio 1,36 m, resistividad eléctrica varía de 117,2 (SEV 38) a 503,8 Ohmm (SEV 32) promedio 229,61 Ohmm, considerados media a alta; consiste de arcilla orgánica luego subyace cantos, gravas, arenas, con

matriz limo y arcilla, estado húmedo con flujo lento de agua, existe una leve erosión fluvial reciente en el cauce. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor de 1,0 (SEVs 27, 28, 29, 31 y 41) a 19,5 m (SEV 26) promedio 6,2 m, resistividad eléctrica incrementa de 202,8 (SEV 40) a 4 380,1 Ohmm (SEV 41) promedio 1 163,2 Ohmm considerados media a muy alta, constituido de gravas, arenas con matriz limo y arcilla, estado húmedo y flujo de agua lento (estribo derecho) debido a las vertientes. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor variable de 1,2 (SEV 28) a 91,1 m (SEV 37) promedio 20,38 m; resistividad eléctrica incrementa de 339,6 (SEV 37) a 1 7283,8 Ohmm (SEV 28) promedio 2978,6 Ohmm, considerados media a muy alta, integrado de gravas, arenas, limo y arcilla; estado subhúmedo a seco y flujo bajo. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular, ausente en los SEVs 36 y 37 probablemente por la erosión fluvial indicando paleocauce, espesor variable de 8,2 m (SEV 28) a 75,1 m (SEV 35 y 39), promedio 32,22 m, resistividad eléctrica incrementa de 141,8 (SEV 34) a 1 120,1 Ohmm (SEV 35) promedio 467,48 Ohmm, considerados bajo a muy alta; constituido de gravas, arenas, limo y arcilla, estado subhúmedo a seco, baja permeabilidad. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5

Perfil irregular, ausente en varios SEVs (33, 34, 36, 37, 38 y 39) como resultado de la erosión fluvial e indica paleocauce, espesor variable de 27,3 (SEV 26) a 111,4 m (SEV 29), promedio 85,24 m, resistividad eléctrica varía desde 96,13 (SEV 30) hasta 578,3 Ohmm (SEV 26), promedio 438,71 Ohmm, considerados baja a media; integrada de gravas, arenas, limos y arcillas; estado subhúmedo. Depósito Morrénico.

- Horizonte H6

Perfil uniforme, el espesor varía de 49,4 (SEV 26) a 108,2 m (SEV 28), promedio 69,94 m, resistividad eléctrica también varía de 136,2 (SEV 26) a 269,3 Ohmm (SEV 26), promedio 189,24 Ohmm, considerado media; integrado por cantos, gravas, arena, matriz limo y arcilla, estado subhúmedo y flujo lento de agua. Depósito Morrénico.

La ausencia en los SEVs (25, 29, 30, 32, y 40) probablemente se deba a la erosión fluvial indicando que sea el paleocauce.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme y morfología convexa, ubicado a profundidades de 81,9 (SEV 30) a 166,7 m (SEV 28), espesor no definido, la resistividad eléctrica varía de 375,0 (SEV 29) y 3161,2 Ohmm (SEV 26), promedio 1 504,04 Ohmm; considerado media a muy alta, la litología estaría integrada de conglomerados brechoides, del Grupo Mitú, según la geología superficial.

A. CORTE GEOELECTRICO A-A'

Ubicado aguas abajo del eje PA-PB, a 100 m aproximadamente, con el objetivo de correlacionar los horizontes y la variación litológica entre otros, habiéndose identificado cuatro horizontes en materiales glaciarios y uno como basamento, además hay ausencia de los horizontes H5 y H6. Ver Plano 6.05

- Horizonte H1

Perfil uniforme, espesor de 0,9 (SEV 44) a 1,5 m (SEV42), promedio 1,16 m; la resistividad eléctrica incrementa de 314,1 (SEV 43) a 1 0243,8 Ohmm (SEV42), promedio de 4 135,866 Ohmm; considerados media a muy alta, cobertura muy delgada de arcilla orgánica, subyace cantos, gravas, arenas, matriz limo y arcilla, estado húmedo a seco con flujo de agua superficial debido a las vertientes laterales. Depósito Morrénico.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor varía de 1,7 (SEV 43) a 16.7 m (SEV 44), promedio 6,76 m; resistividad eléctrica incrementa de 612,3 (SEV 43) hasta 9533,4 Ohmm (SEV 42), promedio 3 618,83 Ohmm, considerados alta a muy alta; conformada de gravas, arenas, con matriz limo y arcilla; estado subhúmedo a seco y baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor de 27,2 (SEV 43) a 73,3 m (SEV 44), promedio 55,63 m; resistividad eléctrica varía desde 316,9 (SEV 44) hasta 701,7 Ohmm (SEV 42), con promedio 541,7 Ohmm consideras alta, integrada de cantos, gravas, arena, matriz limo y arcilla; estado subhúmedo a seco y de baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H4.

Perfil uniforme, espesor de 27,2 (SEV 42) a 52,5 m (SEV 43), promedio 44,15 m; resistividad eléctrica varia de 216,7 (SEV 42) a 317,0 (SEV 43) Ohmm, promedio 293,85 Ohmm, considerado media; conformado de cantos, gravas, arenas, limos y arcillas; estado subhúmedo y permeabilidad baja. Depósito Morrénico.

No se ha identificado los horizontes H5 y H6, los cuales probablemente fueron erosionados o no se depositaron.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a 82,5 (SEV 43) y 105.6 m (SEV 26), considerado sea el basamento general, el espesor no se ha determinado pero se estima sea mayor a la suma de los horizontes descritos; resistividad eléctrica varía desde 754,8 (SEV 42) hasta 2 224,4 Ohmm (SEV 43), promedio 1 299,66 Ohmm considerados muy alto; integrado de conglomerado brechoide del Grupo Mitu según la geología superficial.

C. CORTE GEOELECTRICO B-B'

Ubicado aguas arriba del eje PA-PB a 100 m aproximadamente, con el propósito de correlacionar los horizontes y la variación litológica lateral entre otras, Ver Plano N° 6.05

- Horizonte H1.

Perfil irregular, identificado sólo con el SEV 46 del cauce y ausente en los estribos (SEVs 45 y 47), espesor de 1.2 m (SEV 46), resistividad eléctrica de 261,2 Ohmm considerada media, cobertura de arcilla orgánica, subyace mezcla de cantos rodados, gravas, arenas con matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor de 1,2 (SEV 47) a 4,5 m (SEV 46), promedio 2,4 m; resistividad eléctrica incrementa de 1446 (SEV 46) a 2512,2 Ohmm (SEV 45), promedio 1 995,7 Ohmm considerados muy alta; integrada de cantos rodados, gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado seco y baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3

Perfil uniforme, espesor varía de 3,5 (SEV 47) a 75,2 m (SEV 46), promedio 27,7 m; resistividad eléctrica incrementa desde 434,8 (SEV 46) hasta 5 474,5 Ohmm (SEV 47), promedio 2 400,76 Ohmm, considerado media a muy alta; consiste de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado seco y permeabilidad baja. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular, ausente en el SEV 46 indicando erosión fluvial y paleocause; el espesor varía de 24,9 (SEV47) a 29,1 m (SEV 45), promedio 27,0 m; resistividad eléctrica varía de 436,9 (SEV 45) a 561,8 Ohmm (SEV 47), promedio 499,35 Ohmm considerado media y alta; conformada de gravas, arenas, matriz limos y arcillas,: estado subhúmedo y baja permeabilidad. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Perfil irregular con ausencia en el SEV 46 probablemente se deba a erosión fluvial y constituye paleocause, espesor varía de 34,7 (SEV 47) a 78,0 m (SEV 45), promedio 56,35 m, resistividad eléctrica variable de 134,2 (SEV 45) a 205,9 Ohmm (SEV 47) promedio 340,1 Ohmm considerado media; conformada de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo y baja permeabilidad. Depósito Morrénico.

No se ha identificado al horizonte H6, puede no haberse depositado o haber sido erosionado masivamente.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a profundidades mayores de 64,3 (SEV 47) y 113,0 m (SEV 45), el espesor no se ha determinado estimándose sea mayor a la suma de los horizontes suprayacentes; la resistividad eléctrica varía de 914,1 (SEV 47) a 2 219,1 Ohmm (SEV 45), promedio de 4 118,4 Ohmm

considerado muy alto; conformado de conglomerado brechoide del Grupo Mitu según la geología superficial.

D. CORTE GEOELÉCTRICO C-C'

Ubicado en la zona de inundación lado Sur inmediato a la zona de cierre. Ver Plano N° 6.05.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, espesor de 0,8 (SEV 49) a 1,1 m (SEV 50), promedio 0,96 m; resistividad eléctrica incrementa desde 402,0 (SEV 49) hasta 4 446,1 Ohmm (SEV 48), promedio 1 735,83 Ohmm considerado media a muy alta; integrado por grava grava, arena, matriz limo y arcilla; estado subhúmedo a seco y permeabilidad baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor de 2,7 (SEV 49) a 7,2 m (SEV 50), promedio 4,26 m; resistividad eléctrica incrementa desde 1 151,6 (SEV 50) hasta 1 4199,5 Ohmm (SEV 48), promedio 17593,6 Ohmm considerado muy alta, integrado de gravas, arenas, matriz limos y arcillas; estado seco y baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor variable de 16,9 (SEV 48) a 94,7 m (SEV 49), promedio 48,66 m; resistividad eléctrica varía de 193,5 (SEV 50) a 788,0 Ohmm (SEV 48), promedio 452,3 Ohmm considerados medio y alta; conformado de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo y baja permeabilidad. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular por ausencia del SEV 49 probablemente por la erosión y constituye el paleocauce, espesor variable de 51,9 (SEV 50) a 72,7 m (SEV 48), promedio 62,3 m, resistividad eléctrica varía de 107,0 (SEV 50) a 219,9 Ohmm (SEV 48), promedio 163,45 Ohmm considerado media; consistente de gravas, arenas, matriz limos y arcillas; estado subhúmedo con flujo lento de agua. Depósito Morrénico.

No se ha identificado los horizontes H5 y H6 respectivamente, porque probablemente no se depositaron o fueron erosionados masivamente por flujos intensos de la época.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a profundidades mayores a 93,5 (SEV 48) y 98,2 m (SEV 50), el espesor no se ha determinado; los valores de resistividad eléctrica varía de 1 264,2 (SEV 48) a 2 160,0 Ohmm (SEV 50), promedio de 1 605,1 Ohmm considerado muy alto; conformado de conglomerado brechoide del Grupo Mitu según la geología de superficie.

E. CORTE GEOELECTICO D-D'

Ubicado en la zona de inundación, Ver Plano N° 6.05.

- Horizonte H1

Perfil uniforme, espesor variable de 1,1 (SEV 51) a 2,6 m (SEV 53), promedio 1.66 m; resistividad eléctrica incrementa de 115,3 (SEV 52) a 1 0677,2 Ohmm (SEV 51), promedio 4 012,8 Ohmm considerados media a muy alta; el cauce está integrado de arcilla orgánica saturada, subyace cantos rodados, gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado húmedo en el cauce y seco en los márgenes, de muy baja permeabilidad. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, el espesor incrementa de la margen izquierda a derecha de 4,0 (SEV 51) a 12,5 m (SEV 53), promedio 7,26 m; resistividad eléctrica varía de 361,5 (SEV 52) a 2 862,5 Ohmm (SEV 51), promedio 1 375,6 Ohmm considerados medio a muy alto; integrado de cantos rodados, gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo a seco, y permeabilidad baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3

Perfil uniforme, el espesor varía de 4,8 (SEV 51) a 69,2 m (SEV 53), promedio 28,56 m; resistividad eléctrica varía de 246,7 (SEV 53) a 639,3 Ohmm (SEV 52), promedio 404,63 Ohmm considerados medio y alta; consiste de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo a seco y baja permeabilidad..Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil irregular con ausencia en el SEV 53 por erosión fluvial y constituye el paleocauce, espesor varía de 20,2 (SEV 51) a 53,8 m (SEV 53) promedio 12,0 m; resistividad eléctrica incrementa de 259,3 (SEV 52) a 976,6 Ohmm (SEV 51), promedio 617,95 Ohmm considerados medio y alta; consiste de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estados subhúmedo a seco, y permeabilidad baja. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Definido únicamente por el SEV 51 con perfil irregular por ausencia en los SEVs 52 y 53 debido probablemente a la erosión fluvial y habría constituido el paleocauce, el espesor es 22,7 m, resistividad eléctrica 73,4 Ohmm, considerado bajo; consiste de material similar al anterior horizonte; estado húmedo. Depósito Morrénico.

No se ha determinado el horizonte H6, puede haberse erosionado totalmente o no haberse depositado.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a profundidades de 52,8 (SEV 51) y 84,3 m (SEV 53) respectivamente, el espesor no se ha definido; la resistividad eléctrica varía de 987,6 (SEV 52) a 7328,5 Ohmm (SEV 53) promedio 3 610,0 Ohmm

considerado alto a muy alta, el material consistiría de conglomerado brechoide según la geología superficial.

F. CORTE GEOELECTRICO E-E'

Ubicado en la zona de inundación parte media. Ver Plano N° 6.05.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, el espesor similar 1,2 (SEV 54) a 1,3 m (SEV 56), promedio 1.26 m; resistividad eléctrica varía de 183,7 (SEV 56) a 2 938,7 Ohmm (SEV 56), promedio 1 284,64 Ohmm considerados medio a muy alta; integrado por cantos rodados, gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo a seco, permeabilidad baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor variable de 3,6 (SEV 56) a 9,0 m (SEV 55), promedio 6,06 m; resistividad eléctrica incrementa de 295,9 (SEV 56) a 3 651,2 Ohmm (SEV 54) promedio 1 849,96 Ohmm considerados muy alta; consiste de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado seco y permeabilidad muy baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor varía de 8,4 (SEV 56) a 30,9 m (SEV 55) promedio 19,0 m; resistividad eléctrica incrementa de 66,2 (SEV 56) a 332,7 Ohmm (SEV 54), promedio 237,03 Ohmm considerado muy baja a media; consiste de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo y permeabilidad regular a baja. Depósito Morrénico.

No se ha identificado a los horizontes del H4 al H6 los cuales probablemente fueron erosionados o no se depositaron.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a profundidades mayores a 13,3 (SEV 56) y 89,9 m (SEV 54) respectivamente, espesor no determinado; la resistividad eléctrica varía de 1 053,2 (SEV 54) a 2 169,4 Ohmm (SEV 56) promedio 1 799,1 Ohmm considerado muy alta; integrado de conglomerado brechoide según la geología superficial; estado seco y permeabilidad muy baja,

G. CORTE GEOELECTRICO F-F'

Ubicado en la zona de inundación parte posterior. Ver Plano N° 6.05.

- Horizonte H1.

Perfil uniforme, el espesor varía de 1,2 (SEV 57 y 59) a 1,3 m (SEV 58), promedio 1,23 m; resistividad eléctrica incrementa de 220,6 (SEV 57) a 2 241,1 Ohmm (SEV 58) promedio 1 072,7 Ohmm considerados media a muy alta; conformado de cantos rodados, gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo a seco y permeabilidad baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H2.

Perfil uniforme, espesor casi similar de 3,7 (SEV 57) a 4,8 m (SEV 59), promedio 4,33 m; resistividad eléctrica varía de 1 079,5 (SEV 58) a 3 109,6 Ohmm (SEV 59), promedio 1 785,26 Ohmm considerados muy alta; conformado de gravas, arenas, limosa y arcillas; estado seco y permeabilidad muy baja. Depósito Fluvio Glaciar.

- Horizonte H3.

Perfil uniforme, espesor varía de 7,7 (SEV 58) a 30,9 m (SEV 59), promedio 15,66 m; resistividad eléctrica varía de 408,1 (SEV 58) a 482,9 Ohmm (SEV 57), promedio 436,55 Ohmm considerado media; integrado de gravas, arenas, matriz limosa y arcillas; estado subhúmedo y flujo lento de agua. Depósito Morrénico.

- Horizonte H4.

Perfil uniforme, espesor casi similar de 15,5 (SEV 57) a 16,4 m (SEV 58), promedio 15,95 m; resistividad eléctrica varía de 945,2 (SEV 58) a 1 104,9 Ohmm (SEV 57), promedio 1 025,05 Ohmm considerado alta; conformado de gravas, arenas, limos y arcillas; estado del material seco y baja permeabilidad. Depósito Morrénico.

- Horizonte H5.

Perfil uniforme, espesor variable de 55,4 (SEV 57) a 57,1 m (SEV 58), promedio 56,25 m; resistividad eléctrica varía de 167,6 (SEV 58) a 441,0 Ohmm (SEV 57), promedio 302,3 Ohmm considerado medio; consiste de gravas, arenas, matriz limos y arcillas; estado del material subhúmedo y flujo lento. Depósito Morrénico.

No se ha identificado el horizonte H6 que posiblemente no se ha depositado o fue erosionado.

- Horizonte H7.

Perfil uniforme, ubicado a profundidad mayores a 36,9 (SEV 59) y 87,0 m (SEV 58), el espesor no fue determinado; la resistividad eléctrica varía de 1219,6 (SEV 58) a 6 908,6 Ohmm (SEV 59), promedio 3 299,73 Ohmm considerado alta a muy alta, constituido conglomerado brechoide según la geología superficial; estado del material seco con permeabilidad muy baja.

6.6.0 ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

6.6.1 PREVISION DE ACTIVIDADES EN SUPERFICIE

En el numeral 1.6.1 Variables, se ha previsto la ejecución de la Prospección Geoeléctrica para ambos embalses, como un medio para determinar la secuencia lito-estratigráfica hacia el interior y las características morfológicas y espesores de los horizontes geoeléctricos, condiciones hidráulicas, procesos de geodinámicos externos, presencia de anomalías estructurales y ubicación del basamento rocoso.

En el numeral 5.1,0 Morfología superficial de los embalses, se había definido la morfología de los valles glaciares, altitudes, unidades lito-estratigráficas expuestas, y presencia de vertientes de agua.

La distribución de los Sondajes Eléctricos Verticales – SEVs están indicadas en el numeral 4,2,1 Fase de Campo, fueron proporcionales y con énfase en los diques proyectados (simétricos cada 20 m sobre los ejes), y dos ejes paralelos al eje principal PA-PB con el objeto de correlacionar los resultados, y en los demás ejes fueron distribuidos aproximadamente a 100 m uno respecto al otro, tratando de abarcar la zona de inundación con los mismos propósitos, excepto en Yanacocha debido a la presencia de la laguna.

La ventaja del uso de los SEVs y la manera cómo están distribuidos (ejes transversales y paralelos), permite hacer las correlaciones geológicas del subsuelo en sentidos transversales y longitudinales, en base a los resultados obtenidos.

Las actividades de esta especialidad se realizaron en el periodo de invierno, no se presentaron problemas de clima (precipitación pluvial, nubosidad), personales u otros.

6.6.2 RESULTADOS GEOELECTRICOS

Los resultados de la investigación Geoeléctrica fueron descritos en los numerales anteriores de este Capítulo, los mismos están expresados tanto en los cuadros de interpretación cuantitativa y los planos geoeléctricos, Los perfiles transversales están relacionados con las unidades lito-estratigráficas.

De este modo, se han definido los siguientes variables:

- Registro de resistividades eléctricos.
- Ausencia de niveles freáticos
- Definición de la secuencia litológica
- Ausencia de algunos horizontes geoeléctricos
- Procesos de: erosión fluvial o la no deposición del material glaciario.
- Presencia de Paleocauces.
- Ausencia de anomalías estructurales.
- Condiciones de permeabilidades.
- Localización el basamento rocoso.

CAPITULO VII

MATERIALES DE CIMENTACIONES Y DE PRESTAMO

7.1.0 EMBALSE YANACocha

7.1.1 EXPLORACIONES REALIZADAS

De acuerdo a los estudios realizados por PERC (1996-97) y CISMID-UNI (1997-98) la cobertura del dique PA-PB estaba definida, mediante calicatas muestreos y análisis en el laboratorio de Mecánica de Suelos.

Las características de calicatas exploratorias, así como los resultados se detallan en los siguientes cuadros, y finalmente se hace una descripción sumaria de los Tipos de Suelos. Ver Plano 7,01 y 7,02.

CUADRO N° 7.01

CALICATAS DE LA ZONA DE CIERRE

Calicatas	Profund. m	Altitud	Muestras	Ejecutor
C-CV-1	2.8	4077.00	2	PERC
C-CV-2	3.0	4071.20	3	PERC
C-CV-6	2.1	4070.90	3	PERC
C-CV-7	2.3	4071.00	3	PERC
C-CV-8	2.3	4075.50	2	PERC
C-CP-1	2.8	4076.25	1	PERC
C-VP-2	6.0	4070.70	2	PERC
C-CP-3	6.0	4069.90	2	PERC
C-CP-4	2.0	4074.60	3	PERC
CAII-1	3.0	4075.25	1	CISMID
CAII-2	3.0	4074.20	2	CISMID
CAII-3	1.6	4070.00	1	CISMID
CAII-4	2.0	4068.60	1	CISMID
CAII-5	2.6	4069.80	3	CISMID
CAII-6	3.0	4072.30	2	CISMID
CAII-7	1.5	4073.00	2	CISMID
CAII-8	3.3	4072.20	3	CISMID
CAII-9	3.8	4079.00	3	CISMID
CAII-10	4.0	4079.00	3	CISMID
CAII-11	2.6	4090.00	2	CISMID
CAII-12	2.2	4089.00	2	CISMID
CAII-13	3.1	4094.00	2	CISMID
CAII-14	2.2	4071.00	3	CISMID
CAII-15	2.2	4077.30	3	CISMID
D-1	0.8	4071.75	1	CISMID
D-2	1.1	4070.0	2	CISMID
D-3	1.3	4069.4	2	CISMID

7.1.2 ENSAYOS Y RESULTADOS

Las muestras seleccionadas fueron sometidas a ensayos estándares y especiales como las que se menciona:

- Análisis Mecánico,
- Límites de Consistencias,
- Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos - SUCS,
- Contenido de Humedad Natural,
- Permeabilidad,
- Gravedad Específica de los Sólidos,
- Esfuerzo de Compresión Triaxial,
- Consolidación Unidimensional.

A.- ANALISIS GRANULOMETRICO

El análisis granulométrico determina el tamaño de las partículas y fija la proporción de los componentes, expresado en porcentaje de sus pesos totales, indicada en la Norma ASTM D421.

1).- Según PERC (1996-97)

Los resultados obtenidos fueron:

CUADRO N° 7,02

ENSAYOS ESTANDARES

Calicata	Tramo m	Componentes %			SUCS	Consistencia			HN %
		Grava	Arena	Finos		LL	LP	IP	
ZONA DE CIERRE: EJE PA-PB									
C-CP1	00-2.4	54.78	29.71	15.51	GC	19.8	9.4	10.4	5.8
C-CP2	00.-2.1	51.86	34.05	14.09	GM	15.9	NP	NP	5.3
	2.1-6.0	45.51	41.03	13.46	GC	21.0	10.7	10.2	8.6
C-CP3	00-3.2	55.70	31.35	12.95	GM	16.1	NP	NP	6.6
	3.2-6.0	52.65	33.86	13.49	GC	27.3	15.9	11.4	9.1
C-CP4	0.1-0.8	69.25	23.48	7.27	GP-GM	19.1	NP	NP	5.3
AGUAS ARRIBA DEL EJE y PROXIMO A LA LAGUNA									
C-CV1	00-2.4	8.96			GP-GM	16.6	16.1	0.5	s/d
C-CV2	0.4-1.1	12.92			SM	25.0	NP	NP	s/d
	1.1-3.0	49.76			SM	21.6	NP	NP	s/d
C-CV6	0.4-1.5	84.09			CL	33.2	22.4	10.8	S/d
	1.5-1.9	82.78			OL-ML	37.2	NP	NP	s/d
C-CV7	00-0.5	17.44	54.11	28.45	SM	27.0	NP	NP	s/d
	0.5-2.3	59.57	35.88	4.55	GW	30.2	NP	NP	s/d
C-CV8	0.5-2.2	45.01	37.32	17.67	SM	21.8	NP	NP	s/d

2).- Según CISMID-UNI (1997-98)

Los resultados obtenidos son: ver figura No 7,02.

CUADRO N° 7,03

ENSAYOS ESTANDARES

Calicata	Tramos m	Componentes %			SUCS	Consistencia			H N %
		Grava	Arena	Fino		LL	LP	IP	
CAII-1	00-3,0	54,36	30,99	14,65	GC	24,5	11,3	13,1	7,2
CAII-2	00-3,0	50,26	34,70	15,04	GC	22,7	14,0	8,8	6,1
CAII-3	00-1,6	62,35	29,39	8,26	GW-GC	31,3	20,0	11,3	9,3
CAII-5	0,2-0,8	34,14	33,52	32,34	GC	30,9	12,4	18,5	14,3
	0,8-2,6	22,29	46,19	31,52	SC	24,1	13,9	10,3	12,4
CAII-6	0,3-3,0	53,20	30,11	16,69	GC	17,8	9,4	8,3	6,4
CAII-7	0,1-1,5	66,22	26,73	7,05	GW-GM	20,7	NP	N P	6,3
CAII-8	1,5-2,6	17,90	47,54	35,36	SC	26,0	14,6	11,4	24,1
	2,6-3,3	47,33	31,13	21,54	GC	20,9	12,0	8,9	7,8
CAII-9	0,3-3,1	61,80	19,84	18,36	GC	32,3	14,0	18,4	8,9
D-1	00-0,5	42,13	40,20	17,67	GC	23,1	15,3	7,9	5,7

B.- LIMITES DE CONSISTENCIA

Según Terzaghi Kart y Peck R.B. (1978) A. Atterberg ha determinado hasta seis límites de consistencia, de los cuales en ingeniería se usan frecuentemente sólo tres: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

Los ensayos se realizaron según las Normas ASTM D423 y D424 (actual ASTM D4318). Los resultados están indicados en los cuadros 7,02 y 7,03 y figuras 7.01, 7. 02, y 7,03.

1).- Límite Líquido (L. L.)

Es el contenido de humedad (w) expresado en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra en el límite entre los estados líquido y plástico.

2).- Límite Plástico (L. P.)

Es el contenido de humedad (w) expresado en porcentaje, para el cual el suelo se encuentra en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilos de 3,2 mm (1/8") sin que se rompa en pedazos.

3).- Índice de Plasticidad (I. P.)

Es el rango del contenido de humedad (w) sobre el cual un suelo se comporta plásticamente; numéricamente es la diferencia entre los límites líquido y plástico.

C.- CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE SUELOS

A los resultados de granulometría y límites de consistencia fueron aplicados las Normas NTP 339.134 y 339.150 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS.

D.- CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (w).

Según M. TERZAGHI – R. B. PECK (1978), es la relación entre el peso del agua contenida en el suelo y el peso de suelo seco, expresado en porcentaje, denominado también grado de saturación; los ensayos fueron efectuados según la Norma ASTM D2218 (actual ASTM D4944).

E.- PERMEABILIDAD (k)

Esta propiedad se refiere al material (suelo) que contiene vacíos continuos; incluyendo a las arcillas más compactas y los materiales de construcción no metálicos como granito sano, y pasta de cemento, a los cuales se consideran permeables.

La permeabilidad media del suelo constituye en la mayoría de los depósitos naturales (glaciares), donde varían considerablemente de punto en punto, así tenemos para los derrames fluvio glaciares valores de 0.05 a 2.00, y para la morrena de 0.02 a 0.12 cm/seg.

Los ensayos de permeabilidad se ejecutaron de acuerdo a la Norma ASTM D2434, y consiste en el vertimiento del agua con carga variable (Tipo Lefranc), a través del revestimiento hasta el ras (boca de la tubería), a partir del cual se registra el descenso del nivel de agua $\Delta H_n \approx$ a intervalos cortos de tiempo $\Delta t_n \approx$ tales como 1', 2', 3', 4', 5', 6', 7', 8', 9', 10', 12', 14', 16', 18', 20', 25', 30'.

El ensayo concluye cuando el nivel de agua ha descendido 20 % ó más de la carga inicial aplicada o después de 30 minutos de ensayo.

La expresión utilizada por Lambe y Whitman (1972) mencionada por Terzaghi Kart y Peck R.B. (1978) es:

$$K_m = \frac{\pi \Delta}{11(t_2 - t_1)} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

Donde:

Δ = Diámetro interno del tubo sin revestimiento (cm).

T_n = Tiempo en segundos.

H = Carga piezométrica en el tiempo T_m (cm).

K_m = Coeficiente de permeabilidad medio (cm/seg).

En la zona de cierre se ejecutaron hasta 15 ensayos en nueve calicatas cuyos resultados se resumen en el siguiente Cuadro:

CUADRO N° 7,04

PERMEABILIDAD DEL EJE PA-PB

Calicatas	Prof. (m)	Altitud (msnm)	K (cm./seg)
D-1	0,85	4071,75	2.6×10^{-5}
D-2	1,10 1,10	4070,00	6.8×10^{-5} 6.7×10^{-5}
D-3	1,30 1,30	4069,40	4.5×10^{-5} 2.2×10^{-5}
CAII-1	0,30	4075,25	3.3×10^{-5}
CAII-4	0,40 0,40	4068,60	3.3×10^{-5} 3.3×10^{-5}
CAII-6	1,45 1,45	4072,30	5.8×10^{-4} 4.7×10^{-4}
CAII-7	0,42	4073,00	1.4×10^{-4}
CAII-14	0,55 0,55	4071,80	3.2×10^{-4} 2.5×10^{-4}
CAII-15	1,95 1,95	4077,30	1.7×10^{-4} 1.7×10^{-4}

F.- GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS

El peso unitario del suelo (agregado) se define como el peso del agregado (suelo más agua) por unidad de volumen, y depende del peso de los elementos sólidos, la porosidad y el grado de saturación; los ensayos se efectuaron según la Norma ASTM D854 para las partículas que pasa el tamiz N° 4, para partículas mayores y saturadas se ha aplicado la Norma ASTM C127, cuyos resultados se indican en el siguiente Cuadro:

CUADRO N° 7,05

DENSIDADES: DEL EJE PA-PB

Denominación	D-1	D-2	D-3	CAII-5	C-CV5
Progresiva km	0+020	0+050	0+090	0+150	0+220
Profundidad m.	1,50	2,00	1,30	1,85	0,75
Densidad húmeda g/cm ³	2,31	2,33	2,30	2,31	2,32
Humedad natural %	5,7	6,1	5,9	7,4	6,6
Densidad seca g/cm ³	2,19	2,20	2,17	2,15	2,18

G.- ESFUERZOS DE COMPRESION TRIAXIAL

El ensayo determina la resistencia mediante la relación del Esfuerzo – deformación de un espécimen cilíndrico de suelos cohesivos inalterados o remoldeados (no cohesivos); donde los especímenes se encuentran suelto a la presión de confinamiento por el fluido en una cámara triaxial.

Las normas aplicadas son ASTM D2850 y D4767, las cuales proporcionan datos para determinar las propiedades de resistencias no drenados y relaciones de Esfuerzo Total aplicado al espécimen, en la cual los esfuerzos no son corregidos por la presión de poros.

CISMID-UNI (1998) ha realizado varios ensayos triaxiales no consolidados – no drenados (UU) y ensayos triaxiales consolidados – no drenados (CU) con medición de la presión de poros, para determinar los parámetros de resistencia cortante no drenados y drenados necesarios en el análisis de estabilidad de la presa.

Los ensayos fueron realizados en el material de cimentación (especímenes inalterados y remoldeados), tomando en cuenta la densidad del lugar, los resultados se mencionan en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 7,06

ENSAYOS ESPECIALES DEL EJE PA-PB

Calicata	Muestra	Tramo m	SUCS	Estado	Triaxial UU		Triaxial CU			
					cu	ϕ_u	c	ϕ	c	ϕ
CAII-2	M-1	00 - 0.30	GC	R	0,20	35,60				
C-CV5	M-2	1,6 - 3,0	GP-GC	I	0,30	32,70	00	41,1	0,85	29,8
C.CV2	M-1	1,05 3,,0	SC	I	1,35	20,00	1,27	25,2	1,30	24,7

R = Remoldeado

I = Inalterado

CU = En kg/cm^2

H.- ENSAYOS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

Se realizaron dos ensayos de consolidación unidimensional en muestras inalterados de la cimentación con la finalidad de evaluar las características de compresibilidad de los materiales, según indica la Norma ASTM D2435, los resultados se indica en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 7,07

CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

Lugar	Carga Aplicada Kg/cm^2	Asent. mm	Relación de vacíos e	Densidad seca g/cm^3	Consol. %	cv Cm^2/min
C-CV2 1,05-3,0 SC	0,10	0,32	0,410	1,964	0,17	0,273
	6,40	1,543	0,300	2,131	7,99	0,323
	0,10	1,327	0,316	2,105	6,88	
CAI-5 0,25-0.95 SM	0,10	0,039	0,748	1,577	0,2	0,305
	6,40	1,638	0,602	1,720	8,53	0,280
	0,10	1,140	0,648	1,673	5,94	

En ambos ensayos al aplicar la carga simétrica se observa que, los suelos como Arena arcillosa (SC) y Arena limosa (SM) tienen propiedades de elasticidad (masa) como asentamiento, relación de vacíos, densidad seca, consolidación y coeficiente de consolidación

7.1-3 DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE SUELOS

- CALICATA C-CP1

Tramo 0,0-2,4 m, Grava arcillosa (GC), 54,78 % grava sub redondeada, 29,71 % arena brechoide, 15,51 % finos con plasticidad baja, ligeramente húmeda (5,75 %), resistencia en estado seco a media, dilatancia lenta, tenacidad baja, compacidad firme, color marrón oscura, estructura estratificada. Depósito Fluvio Glaciar.

- CALICATA C-CP2

Tramo 00-2,1 m, Grava limosa (GM), 51,86 % sub redondeada, 34,05 % arena brechoide, 14,09 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (5,31 %), compacidad suelta, estructura estratificada, color gris.

Tramo 2,1-6,0 m, Grava arcillosa (GC), 45,51 % grava sub redondeada, 41,03 % arena brechoide, 13,46 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmedo (8,61 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, estructura estratificada, compacidad firme, color marrón rojizo, ambas muestras corresponde al Depósito Fluvio Glaciar.

- CALICATA C-CP3

Tramo 00-3,2 m, Grava limosa (GM), 55,7 % de grava sub redondeada, 31,35 % arena brechoide, 12,95 % finos no plástico, ligeramente húmeda (6,61 %), compacidad suelta, estructura estratificada, color gris.

Tramo 3,2 – 6,0 m, Grava arcillosa (GC), 52,65 % grava sub redondeada, 33,86 % arena brechoide, 13,49 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (9,07 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, estructura estratificada, color marrón oscura. Depósito Fluvio Glaciar.

- CALICATA C-CP4

Tramo 0,1-0,8 m, Grava mal gradada a grava limosa (GP-GM), 69,29 % grava sub redondeada, 23,48 % arena brechoide, 7,27 % fino no plástico, ligeramente húmeda (5,25 %), compacidad suelta, estructura estratificada, color gris oscuro. Depósito Fluvio Glaciar.

- CALICATA C-CV1.

Tramo 00-2,4 m, Grava pobremente gradada a grava limosa (GP-GM), 8,45 % finos no plástico, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris. Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA C-CV2.**

Tramo 0,4 – 1,1 m, Arena limosa (SM), 12,92 % finos no plásticos, compacidad suelta, color gris, estructura estratificada.

Tramo 1,1 – 3,0 m, Arena limosa (SM), 49,76 % finos no plásticos, sin resistencia en estado seco, baja dilatancia, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris. Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA C-CV6**

Tramo 0,4-1,5 m, Arcilla inorgánica (CL) de mediana plasticidad, 84,09 % finos arenosa de plasticidad baja, consistencia media, tenacidad mediana, dilatancia rápida, resistencia en estado seco baja, estructura estratificada, color marrón oscura.

Tramo 1,5 – 1,9 m, Limo orgánico a Limo inorgánico (OL-ML), 82,78 % finos no plástico, baja dilatancia, baja resistencia en estado seco, baja tenacidad, marrón oscuro, olor orgánico, compacidad firme; corresponde al Depósito Lacustrino.

- **CALICATA C-CV7.**

Tramo 0,0-0,5 m, Arena limosa (SM), 17,44 % grava sub redondeada, 54,11 % arena brechoide, 28,45 % fino no plástico, sin resistencia al estado seco, baja dilatancia, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris.

Tramo 0,5-2,3 m, Grava bien gradada (GW), 59,57 % grava sub redondeada, 35,88 % arena brechoide, 4,55 % finos no plástico, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA C-CV8.**

Tramo 0,5-2,2 m, Arena limosa (SM), 45,01 % grava sub redondeada, 37,32 % arena brechoide, 17,67 % finos no plástico, sin resistencia en estado seco, baja dilatancia, compacidad suelta, estructura estratificada. Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-1**

Tramo 0,0-3,0 m, Grava arcillosa (GC), 54,36 % grava sub redondeada, 30,99 % arena brechoide, 14,65 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (7,2 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, tenacidad mediana, compacidad firme, estructura estratificada, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-2.**

0,0-3,0 m, Grava arcillosa (GC), 50,26 % grava sub redondeada, 34,70 % arena sub angulosa, 15,04 % finos de plasticidad baja, ligeramente

húmeda (6,13 %) finos de baja plasticidad, ligeramente húmeda (6,13 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, tenacidad mediana, consistencia firme, estructura estratificada, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-3**

Tramo 00-1.6 m, Grava bien gradada a Grava arcillosa (GW-GC), 62,35 % grava sub redondeada, 29,39 % arena sub angulosa, 8,26 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (9,3 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, tenacidad mediana, compacidad firme, estructura estratificada, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-5**

Tramo 0,2-0,8 m, Grava arcillosa (GC), con 34,14 % grava sub redondeada, 33,52 % arena brechoide, 32,34 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (14,3 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, compacidad firme, estructura estratificada, color marrón oscura.

Tramo 0,8-2,6 m, Arena arcillosa (SC), 22,29 % grava sub redondeada, 46,19 % arena brechoide, 31,52 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (12,36 %), alta resistencia en estado seco, baja dilatancia, mediana tenacidad, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-6**

Tramo 0,3 – 3,0 m, Grava arcillosa (GC), 53,20 % grava sub redondeada, 30,1 % arena brechoide, 16,69 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (6,42 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, compacidad firme, estructura estratificada, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-7**

Tramo 0,1-1,5 m, Grava bien gradada a Grava limosa (GW-GM), 66,22 % grava sub redondeada, 26,73 % arena brechoide, 7,05 % fino no plástico, ligeramente húmeda (6,25 %), compacidad suelta, estructura estratificada, color gris; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA CAII-8**

Tramo 1,5-2,6 m, Arena arcillosa (SC), 17,9 % grava sub redondeada, 47,54 % arena brechoide, 35,36 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmedo (24,06 %), alta resistencia en estado seco, baja dilatancia, mediana tenacidad, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris.

Tramo 2,6-3,3 m, Grava arcillosa (GC), 47,33 % grava sub redondeada, 31,13 % arena brechoide, 2,54 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (7,79 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, compacidad firme, estructura estratificada, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar. .

- **CALICATA CAII-9**

Tramo 0,3 – 3,1 m, Grava arcillosa (GC), 61,8 % grava sub redondeada, 19,84 % arena brechoide, 18,36 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (8,86%), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, estructura estratificada, compacidad firme, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

- **CALICATA D-1**

Tramo del 00 – 0,5 m, Grava arcillosa (GC), 42,13 % grava sub redondeada, 40,20 % arena brechoide, 17,67 % finos de plasticidad baja, ligeramente húmeda (5,66 %), alta resistencia en estado seco, sin dilatancia, mediana tenacidad, estructura estratificada, compacidad firme, color marrón oscura; Depósito Fluvio Glaciar.

7.1.4 EVALUACION DE LOS RESULTADOS

1).- Exploraciones.

La zona de cierre fue explorada en dos etapas mediante un conjunto de calicatas, de los cuales se ha seleccionado varias calicatas y tomada las muestras inalteradas como disturbadas.

2).- Análisis Mecánico.

Según los ensayos de la primera etapa realizada por PERC (1996), el material de cimentación tenía la siguiente composición en promedio:

Eje PA-PB			Vaso		
Gravas	67,0 %	-	Gravas	66,6 %	
Arenas	20,2 %	-	Arenas	5,2 %	
Finos	12,8 %	-	Finos	28,2 %	

Observándose que, en el eje PA-PB existe mayor proporción de gravas y menor de finos; en el vaso hay mayor proporción de grava y menor de arena.

Los ensayos de segunda etapa ejecutan por CISMID-UNI (1998), difiere la proporción de los componentes en promedio:

Eje PA-PB			Vaso	
Grava	17,9 %	-	Grava	55,45 %
Arena	66,7 %	-	Arena	27,79 %
Finos	15,4 %	-	Finos	16,86 %

En el eje PA-PB existe mayor proporción de arena y menor de finos, en el vaso hay mayor proporción de gravas y menor de finos.

Comparando los resultados de ambas etapas exploratorias, la proporción de los componentes son relativamente similares.

De manera general en el embalse, los componentes tienen la siguiente proporción en promedio:

	Gravas	Arenas	Finos
Según PERC	66,8 %	12,70 %	20,50 %
Según CISMID	36,8 %	47,22 %	16,13 %
Promedio	51,2 %	29,96 %	18,32 %

Cabe mencionar que los materiales ensayados corresponden al Depósito Fluvio Glaciar, de acumulación sucesiva y masiva, con diferentes intensidades, frecuencias, volumen y densidad; los cuales permiten tengan espesores diversos, composición heterogénea, distribución irregular; la depositación de los materiales depende de la fuente, dinámica de los flujos, gravedad de la masa y contenido de agua.

3).- Tipos de Curvas.

Los gráficos de los ensayos granulométricos tienen varios tipos de curvas (46 en total), que comparados con el presentado por K. TERZAGHI y R. PECK (1978) son semejantes a las siguientes tipos:

Tipos	Nº	%
Suave / normal	19	52,78
Moderada	14	38,89
Compuesta	03	8,33

Las curvas del tipo suave / normal, se deben a la uniformidad de la fracción de granos mayores a D_{50} , (correspondiente a $P = 50 \%$) es aproximadamente igual a aquellos de la fracción menor de D_{50} , y la forma de los clastos se deben al desgaste producido probablemente por el transporte.

Las curvas del tipo moderada se deben, que la mitad de la muestra es gruesa y relativamente uniforme, mientras los tamaños de las elementos menores varían entre límites extensos; éste tipo de curva es propia de los flujos glaciares.

Las curvas del tipo compuesta. Indican una granulometría compartida, con ausencia de elementos con tamaños medios.

4).- Disposición de los Horizontes.

La observación de las calicatas exploratorias permiten visualizar que todos los horizontes tienen disposiciones subhorizontales o laminares, demostrando los flujos glaciares superpuestos son sucesivos y paralelos.

Los perfiles geoelectricos también ha demostrado la posición de los horizontes como subhorizontales sucesivos (superpuestos) y paralelos.

5).- Índice Plástico.

Los resultados del análisis de consistencia, demuestran que el 37,50 % de las muestras son no plástico (NP), y corresponde a los suelos clasificados como Grava limosa (GM), Grava bien graduada (GW), Arena limosa (SM), Grava pobremente graduada a Grava limosa (GP-GM), y Limo orgánico a Limo inorgánico (OL-ML) respectivamente.

El 58,33 % de las muestras tienen índice plasticidad menor a 4,0 y corresponde a los suelos clasificados como Grava arcillosa (GC) y Arcillas inorgánicas (CL).

El 4,57 % de las muestras tienen índice de plasticidad mayor a 4,0 y corresponden a suelos clasificados de Grava mal graduada a Grava limosa (GP-GM), caso típico es la calicata C-CV1.

6).- Contenido de Humedad

a.- Eje de presa PA-PB.

En la Primera etapa exploratoria, PERC seleccionó cuatro calicatas de los cuales tomó seis muestras, los resultados varían de 5,25 % (C-CP4) hasta 9,07 % (C-CP3), con promedio 6,76 % de contenido humedad, indicando que el material glaciario posee el grado de saturación con agua comprendida en el rango de 1 a 25 % ligeramente húmeda.

En la segunda etapa exploratoria (CISMID-UNI) se ha seleccionado 12 calicatas y tomado 15 muestras para los ensayos, los resultados varían de 5,73 % (CAII -12) hasta 24,06 % (CAII-8), y como promedio 12,18 % considerados también como ligeramente húmeda.

b.- Zona de Inundación.

PERC seleccionó siete calicatas y tomó nueve muestras, los resultados arrojaron como mínimo 5,85 % (C-CV1) y máximo 64,91 % (C-CV6), y promedio 16,21 %; por otra parte CISMID-UNI tomó seis muestras de

cuatro calicatas, con resultados: 4,85 % (CAI-10) y 12,20 %, y promedio 7,28 %.

Los resultados promedios de ambas exploraciones están dentro del rango ligeramente húmedos.

Comparando los valores promedios del eje PA-PB vemos que en la segunda etapa exploratoria (CISMID-UNI) había mayor humedad (doble) que en la primera etapa (PERC); en el caso del vaso era el inverso, es decir en la primera etapa se encontró mayor humedad (doble) que en la segunda etapa.

Esta variación de resultados en un periodo de dos años, nos permite postular que los materiales de cobertura tienen la propiedad de retener la humedad, pero no siempre esta retención es estable, depende del contenido de finos, porosidad, clima de la región, es decir las precipitaciones pluviales varían en su intensidad y frecuencia así como las vertientes de laderas pueden estar secas o húmedas las cuales están en función de la alimentación de los flujos subterráneos.

Según el Capítulo VII Geotecnia, las fuentes de alimentación en la zona de cierre (estribos) tienen flujos en sentido transversal, es decir los flujos subterráneos tienen sentido de los flancos (apéndices) hacia el cauce, y no son longitudinales, o sea no provienen de la laguna.

7).- Densidades.

Los ensayos de densidades fueron aplicados únicamente al eje de presa PA-PB, en un número de cinco muestras, con resultados comprendidos de 2,18 gr/cc (C-CV5) a 2,20 gr/cc (D-2), con promedio 2,19 gr/cc.

Los valores encontrados son ligeramente mayores de 2,0 gr/cc, considerados como buena dentro de los rangos, cuyas partículas corresponden a volcánicos (andesitas, dacitas, riolitas) y sedimentarios (cuarcitas, areniscas), estos materiales se consideran estables, es decir no causan sifonajes a las mayores presiones hidráulicas

8).- Permeabilidad.

El material de cimentación del eje PA-PB fue objeto de ensayos de permeabilidad en un número de 15 a presiones de gravedad (Lefranc), en calicatas hasta una profundidad de 1.95 m; de los cuales siete tienen valores de $K = 1 \times 10^{-4}$ cm/seg (CCAI-6 al CAI-15), al que se considera media permeabilidad, y ocho ensayos tienen resultados de $K = 1 \times 10^{-5}$ cm/seg, considerados de baja permeabilidad o semi - impermeables.

Según POST y LONDE (1953) mencionado por Terzaghi Kart y Peck R.B. (1978), para la construcción de presas y diques de tierra, el rango de valores son equivalentes a: permeables ($K = 1 \times 10^{-3}$ a $K = 1 \times 10^{-4}$ cm/seg) y semi impermeables ($K = 1 \times 10^{-5}$ a $K = 1 \times 10^{-8}$ cm/seg).

Los ensayos practicados corresponden a los primeros horizontes (cobertura), cuyos materiales tienen textura gruesa, y considerados de compactidad suave, es decir consolidación incipiente, porque están sujetos a varios factores externos que impiden alcanzar la consolidación.

Hacia el interior o por debajo del Depósito Fluvio Glaciar se encuentra el Depósito Morrena, que debido a su ubicación, composición litológica, y estado pre – consolidado, deben tener valores de K semi impermeables a las presiones de gravedad.

7.2.0 EMBALSE AZAFRANCUCHO

7.2.1 EXPLORACIONES REALIZADAS

El número de ensayos realizados es limitada, pues en esta actividad sólo ha participado el PERC (1996-97), no participaron tanto el CISMID-UNI y el INRENA por razones presupuestales, para los efectos del diseño se ha tomado en cuenta los resultados obtenidos por el PERC (1996-97), dado también la similitud del material de cimentación y varias de sus propiedades físicas con el del embalse Yanacocha. Las características de las calicatas exploratorias se indican en el siguiente Cuadro.

Cuadro N° 7,08

CALICATAS EXPLORATORIAS

Calicatas	Dimensiones Ancho Ancho	Prof. m	Altitud msnm	Nivel Freático	Ubicación Estr./margen
ZONA DE CIERRE					
C-CP1	3,7 circular	2,50	3740	No hay	Izquierda
C-CP2	3,0 circular	5,00	s/d	1,40	Derecha
C-CP3	4,7 x 1.40	2,00	3940	0,60	Izquierda
C-CP4	3,5 x 2.10	3,35	3960	No hay	Izquierda
ZONA DE INUNDACION					
C-CV1	2,1 x 2,10	1,50	3972	0,30	Izquierda
C-CV3	5,5 x 2,45	5,50	3968	2,10	Izquierda
C-CV4	2,1 x 2,10	4,70	3971	1,50	Derecha
C-CV5	2,04 x 1,90	4,60	3969	3,65	Izquierda
C-CV7	1,8 x 1,90	2,60	3977	No hay	Derecha

7.2.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los ensayos ejecutados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI, bajo las mismas normas señaladas. Ver Plano 5,03.

- Análisis Granulométrico.
- Límites de consistencia

- Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos- SUCS
- Contenido de Humedad Natural

A.- ANÁLISIS GRANULOMETRICO Y DENSIDAD NATURAL

Los ensayos de Granulometría se ejecutaron de modo similar como en el caso del embalse Yanacocha,

B.- HUMEDAD NATURAL

La humedad natural en el momento de los ensayos fue variable, y comprende desde seca, ligeramente húmeda hasta húmeda, cuyos resultados son indicados en el Cuadro N° 7,09.

C.-- LIMITES DE CONSISTENCIA

Los ensayos reportaron los resultados indicados en el Cuadro N° 7,10.

Cuadro N° 7,09

ENSAYOS GENERALES

Calicata	Muestra N°	Tramo m	Porcentaje Retenido %			H. N
			Grava	Arena	Finos	
C-CP2	2	0,5 -1,40	43,91	33,45	22,64	21,56
	3	1,4 -5,00	55,32	28,96	15,72	7,70
C-CP3	2	0,25-0,45	12,75	26,11	61,11	37,51
	3	0,45-3,75	51,65	43,70	4,65	8,77
C-Cv3	2	0,6-1,70	43,94	40,57	15,49	8,36
	3	1,7-2,30	44,94	40,57	15,49	16,16
	4	2,3-3,70	36,91	30,72	32,37	39,76
	5	3,7-4,20	38,71	33,27	28,02	37,66
	6	4,2-5,50	11,85	25,88	62,27	s/d
C-CV4	2	0,3-1,60	53,70	26,44	19,86	1,82
	3	1,6-3,20	17,43	28,86	53,91	7,72
	4	3,2-3,40	14,09	29,50	56,41	29,99
C-CV5	5	3,4-4,70	38,34	32,09	29,57	11,31
	2	0,4-1,70	12,87	26,33	60,80	32,13
	3	1,7-6,60	61,21	33,02	5,77	11,80

Cuadro Nº 5 10
LIMTES DE CONSISTENCIA

Calicata	Tramo m	% pasa Malla200	L. L.%	L. P.%	I. P %	SUCS
ZONA DE CIERRE						
C-CP2	5,1,40	22,84	27,19	N.P.	N.P.	SP
	1,4-5,0	15,72	18,45	N.P.	N.P.	GP
C-CP3	0,25-0,45	61,11	35,53	25,9	9,63	CL
	0,45-3,75	4,65	14,12	N.P	N.P.	GW
ZONA DE INUNDACION						
C-CV3	0,6 - 1,7	15,49	22,17	21,02	1,15	SW-SM
	1,7 - 2,3	21,59	31,43	N.P	N.P.	SW
	2,3 - 3,7	32,37	24,12	N.P	N.P.	SP
	3,7 - 4,2	28,02	45,91	N.P.	N.P.	SP
	4,2 - 5,5	62,27	31,09	21,33	9,76	CL
C-CV4	0,3 - 1,6	19,88	21,02	N.P.	N.P.	GP
	1,6 - 3,2	53,91	23,38	20,56	2,82	CL
	3,2 - 3,4	56,41	47,27	26,95	20,32	CL
	3,4 - 4,7	29,57	20,68	N.P.	20,32	SP
C-CV6	0,45 - 1,7	60,80	35,53	27,26	18,23	CL
	1,7 - 4,6	5,77	17,46	N.P.	N.P.	GW-GC

7.2.3 DESCRIPCION DE LOS TIPOS DE SUELOS

A.- ZONA DE CIERRE

- Calicata C-CP2

Tramo 0,5 – 4,4 m, Arena pobremente gradada (SP), 43,91 % grava sub redondeada, 33,45 % arena brechoide, 22,64 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (21,56 %), compactidad suelta, estructura estratificada; color gris.

Tramo 1,4-5,0 m, Grava pobremente gradada (GP), conformado de 55,32 % grava sub redondeada, 28,96 % arena sub angulosa, y 15,72 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (7,7 %), compactidad suelta, color gris oscuro, y estructura estratificada - ambas muestras corresponden al Depósito Fluvio Glaciar.

- Calicata C-CP3

Tramo 0,25-0,45 m, Arcilla inorgánica (CL) de mediana plasticidad, conformada por 12,75 % grava subredondeada, 26,11 % arena sub angulosa, y 61,11 % finos de baja plasticidad, húmedo (37,51 %), consistencia blanda a baja, alta resistencia en estado seco, tenacidad mediana, color rojizo marrón, y estructura estratificada.

Tramo 0,45-3,75 m, Grava bien gradada (GW), integrado por 51,65 % grava subredondeada, 43,70 % arena sub angulosa, y 4,65 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (8,77 %), baja resistencia en estado seco, tenacidad baja, dilatancia baja, compactidad firme, color gris, estructura laminar. Ambas muestras corresponden al Depósito Fluvio Glaciar.

B.- ZONA DE INUNDACION

- Calicata C-CV3

Tramo 0,6 – 1,7 m, Arena bien gradada a Arena limosa (SW - SM), 43,94 % grava subredondeada, 40,57 % arena sub angulosas, y 15,49 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (8,36 %), baja resistencia al estado seco, dilatancia lenta, baja tenacidad, color gris oscura; compacidad suelta, estructura estratificada.

Tramo: 1,7 – 2,30 m, Arena bien gradada (SW), 44,94 % grava sub redondeada, 40,49 %, arena sub angulosa, y 15,49 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (16,16 %), compacidad suelta, color gris, estructura laminar.

Tramo 2,30 – 3,70 m, Arena pobremente gradada (SP), 36,91 % grava sub redondeada, 30,72 % arena sub angulosa, y 32,37 % finos no plástico, húmedo (39,76 %), compacidad suelta, estructura laminar, color gris.

Tramo 3,70 – 4,2 m, Arena pobremente gradada (SP), 38,71 % grava sub redondeada, 33,27 % sub angulosa, y 28,02 % fino no plásticos, húmedo (37,66 %), compacidad suelta, estructura laminar.

Tramo 4,2 - 5,5 m, Arcilla inorgánica (CL) de mediana plasticidad, 11,85 % gravas sub redondeadas, 25,88 % arena subangulosas, 62,27 % finos arenosa, de plasticidad media arenosa, húmedo (38,03 %), consistencia media, alta resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad mediana, estructura laminar, color marrón oscura. Depósito Fluvio – Glaciar.

- CALICATA C-CV4

Tramo 0,3-1,6 m, Grava pobremente gradada (GP), 53,70 % grava sub redondeada, 26,44 % arena subangulosa, y 19,86 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (1,82 %), compacidad suelta, estructura estratificada, color gris.

Tramo 1,6 – 3,2 m, Arcilla inorgánica (CL) mediana plasticidad, 17,43 % grava subredondeada, 28,89 % arena sub angulosa, 53,91 % finos de mediana plasticidad arenosa, ligeramente humedad (7,72 %), consistencia media, baja resistencia en estado seco, dilatancia lenta, tenacidad mediana, estructura estratificada, color marrón rojizo.

Tramo 3,2 – 4,7 m, Arena pobremente gradada (SP), 38,34 % grava sub redondeada, 32,09 % arena subangulosa, y 29,57 % finos con grava de plasticidad media, ligeramente húmeda (11,31 %), baja resistencia al estado seco, baja dilatancia, baja tenacidad, compacidad suelta, estructura estratificada, color gris. Depósito Fluvio Glaciar.

- CALICATA C-CV5

Tramo 0,4 – 1,7 m, Arcilla inorgánica (CL) mediana plasticidad, 12,87 % gravas sub redondeadas, 26,33 % arena sub angulosa, 60,80 % finos

arenosa de plasticidad media, dilatancia rápida, alta resistencia en estado seco, húmedo (32,13 %), estructura laminar,

Tramo 1,7 – 6,6 m, Grava bien gradada a Grava arcillosa (GW – GC), 61,21 % grava sub redondeada, 33,02 % arena sub angulosa, y 5,77 % finos no plásticos, ligeramente húmeda (11,6 %), compacidad suelta, color gris. Depósito Fluvio Glaciar.

7.2.4 EVALUACION DE LOS RESULTADOS

A.- EXPLORACIONES

El área del embalse Azafrancucho fue las zonas de cierre e inundación.

B.- ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Del al Cuadro N° 7,09, la zona de cierre tiene los componentes en la siguiente proporción promedio: gravas 40,91 %, arena 33,06 % y finos 6,03 %.

La zona de inundación tiene la proporción promedio siguiente: gravas 34,20 %, arena 29,44 % y finos 36,36 %.

Los resultados indican que, en la zona de cierre hay mayor proporción de gravas y menor de finos, en la zona de inundación hay mayor proporción de finos y menor de arena.

Al nivel del valle existe mayor proporción de gravas en porcentajes relativamente similares de arenas y finos:

Grava 37,6 %, Arena 31,2 %, Finos 31,2 %,

C.- INDICE PLASTICIDAD

En la zona de cierre tres muestras fueron evaluadas como no plásticas (NP), y corresponden a suelos clasificados como Arena pobremente gradada (SP), Grava pobremente gradada (GP), y Grava bien gradada (GW); una muestra tiene plasticidad media (9,63 %) y corresponde al suelos clasificado como Arcilla inorgánica (CL).

En la zona de inundación existen siete muestras evaluadas como no plásticos (00 a 4 %), y corresponden a suelos clasificados como Arena bien gradada a Arena limosa (SW-SM), Arena bien gradada (SW), Arena pobremente gradada (SP), y Grava bien gradada a Arcilla gravosa (GW – GC); y tres muestras tienen plasticidad media y corresponden a suelos clasificados como Arcilla inorgánica (CL) y Arena pobremente gradada (SP).

D.- CONTENIDO DE HUMEDAD

El grado de saturación de los suelos según K. TERZAGHI – R .B. PECK, son ligeramente húmeda (1-25 %) y húmeda (26-50 %).

De acuerdo a este criterio los resultados indicados (Cuadro 4,09), en la zona de cierre tres muestras son ligeramente húmedas, y una húmeda; en la zona de inundación existen seis muestras ligeramente húmedas, otras seis como húmedas, y una muestra sin dato.

El grado de saturación de las muestras indica la presencia de elementos finos que tienen la propiedad de retener la humedad, sin significar que sean flujos subterráneos.

E.- NIVEL FREÁTICO

Durante las excavaciones no se ha encontrado niveles freáticos sino materiales húmedos (bajo grado de saturación), que permitió tomar las muestras sin dificultad.

Luego de 4 años posteriores, se ha encontrado en las calicatas alturas de agua indicada en el Cuadro 5,08; de los cuales las calicatas con alturas de agua están ubicadas en zonas húmedas alimentadas con las vertientes de agua, otras calicatas ubicadas en superficies secas en los cuales hay ausencia de niveles freáticos.

Los niveles de agua en las calicatas tienen indicios de estabilidad una vez alcanzada la altura, otros tienen apariencia de incrementos de alturas luego los descensos del nivel, estas variaciones podría tener relación con las escorrentías superficiales, en otras calicatas se ha observado niveles de agua al tope y con rebose, estas corresponden a superficies muy húmedas como el estribo derecho.

7.3.0 SIMILITUD DE RESULTADOS

- GRANULOMETRIA

Los materiales ensayados en ambas zonas corresponden al Depósito Fluvio Glaciar, los tipos de suelos clasificados son variables (SP, SW, SW-SM, CL, GP, GW, GW-GC) respectivamente.

Las características litológicas, formas, tamaños, y tipos de suelos clasificados son similares, fueron depositados en la misma época, difieren ligeramente en la proporción de los componentes:

	Gravas	Arenas	Finos
Valle Glaciar Azafrancucho	50,72 %	29,96 %	18,32 %
Valle Glaciar Yanacocha	37,60 %	31,20 %	31,20 %

Tentativamente, se puede asumir que el Depósito Fluvio Glaciar en este tramo de la Cordillera Oriental está conformado en promedio de 44,66 % gravas, 30,58 % arenas y 24,76 % finos.

- **Indice de Plasticidad**

Los materiales de suelos en ambos embalses tienen plasticidades medias, bajas y no plásticos, el contenido de humedad también varía de ligeramente húmeda a húmeda.

- **Niveles Freáticos**

En el momento de las excavaciones no se encontraron alturas de agua, los indicados en los cuadros fueron reportados posteriormente, lo que supone fueron productos de las humedades permanentes sin indicar flujos subterráneos, como también se deben a las escorrentías superficiales durante las épocas húmedas.

- **Otras Propiedades**

La gravedad específica fue determinada para el embalse Yanacocha con resultados de Buena ($2,15$ a $2,20 \text{ g/cm}^3$) y corresponde al detritus con predominio de naturaleza volcánica, este resultado se extiende al embalse Azafrancucho por haberse definido que corresponden a la misma unidad, litología y época de ocurrencia.

En el embalse Yanacocha se ejecutaron los ensayos de permeabilidad a gravedad con resultados de $K = 1 \times 10^{-4}$ y $1 \times 10^{-5} \text{ cm/seg.}$, considerados como permeables y semi impermeables; en el embalse Azafrancucho no se habían realizado tales ensayos, y teniendo en cuenta la similitud en sus componentes y la estructura estratificada de los horizontes del Depósito Fluvio Glaciar, se asume sean relativamente similares.

Los ensayos de compresión simple a los suelos gravosos del embalse Yanacocha tienen valores de carga unitaria c_u son $0,20$ a $1,35 \text{ kg/cm}^2$ para suelos gravosos y finos Grava arcillosa (GC) y Arena arcillosa (SC) respectivamente, resultados estos se extiende a los materiales del embalse Azafrancucho.

De igual modo los ensayos de Consolidación Unidimensional en suelos del embalse Yanacocha como la Arena arcillosa (SC) de la C-CV2 tiene $6,88 \%$ de consolidación, y la Arena limosa (SM) de la calicata Cal-5 es $5,94 \%$ de consolidación, estas propiedades son extensibles al embalse Azafrancucho, por razones de similitud (génesis litológica).

7.4.0 MATERIALES DE PRESTAMO

Los diques de los embalses Yanacocha y Azafrancucho fueron considerados desde los estudios preliminares como diques de tierra zonificada, a raíz que los materiales de cimentaciones están conformados por suelos glaciares de textura granular, por lo cual fue necesario la identificación dentro del área del Proyecto los materiales

de préstamo con volúmenes y calidades requeridos a fin de cubrir las demandas.

El aprovechamiento de los materiales será óptimo durante la fase obra, para el cual sólo se necesita el mejoramiento de la vía para el transporte, desde las canteras hasta el dique Yanacocha; en cambio, para el dique Azafrancucho será necesaria la construcción de la vía proyectada, con longitud de 4+200 km a partir del dique Yanacocha.

7.4.1 ESTUDIOS ANTERIORES

- En 1996-97 el PERC, ha explorado la cantera “A” por materiales de espaldones, canteras “B” y “C” por materiales impermeables, y cantera de rocas “R” y “I” para enrocado y filtros fueron ubicados a 0+590 y 0+700 km.
- En 1987-98 CISMID-UNI, localiza otras canteras adicionales por materiales semi-impermeables e impermeables, denominándolas canteras “B”, “C”, y “D”.
- La cantera de agregados “H” del río Cha’co – Pongora fue incorporada, a falta de este material dentro de la zona del Proyecto.

7.4.2 UBICACIÓN DE CANTERAS

El conjunto de canteras mencionados están localizadas dentro del área de influencia del Proyecto y cuentan con accesibilidades para el transporte, excepto la cantera de agregados (río Cha’co – Pongora) localizada fuera del área. Ver Plano N° 7,04.

Las distancias de transporte al dique Yanacocha son:

A.- Las exploradas por Ex - COFRA y PERC (1996-97)

- Cantera “A” para espaldones, 0+500 y 1+000 km.
- Cantera “B” para el núcleo, 4+700 km
- Cantera “C” para el núcleo, 5+800 km

B.- Las exploradas por CISMID-UNI (1997-98)

- Cantera “B” para espaldones, 1+100 km
- Cantera “C” para núcleo, 4+500 km
- Cantera “D” para núcleo, 5+500 km
- Cantera “R” roca, 0+700 km
- Cantera “I” filtro, 0+590 km
- Cantera “H” agregados, 40+000 km

7.4.3 EXPLORACION DE CANTERAS

A,- EXLORACIONES DEL PERC (1996)

CUADRO N° 7,11

CANTERA "A" SEMI – IMPERMEABLE, Km 0+500

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof.(m)
C-1	24/04/95	M-1	s/d	s/d
C-2	24/04/95	M-1	s/d	s/d
C-3	24/04/95	M-1	s/d	s/d
C-4	01/08/95	M-1	0.0 - 3,0	3,0

CUADRO N° 7,12

CANTERA "A" SEMI – IMPERMEABLE, KM 1+500

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof.(m)
C-5	01/08/96	M-1	0,1 - 2,5	2,5
C-6	19/08/96	M-1	0,2 – 4,0	4,0
C-7	19/09/06	M-1	0,2 – 2,0	2,0

CUADRO N° 7,13

CANTERA "B" IMPERMEABLE, KM 4+700

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof. (m)
T-1	11/08/96	M-1	0,0 - 1,5	1,5
C-1	19/08/96	M-1	0,4 – 3,0	3,0
C-2	19/08/96	M-1	0,9 – 2,7	2,7
C-3	19/08/96	M-1	1,0 – 3,0	3,0
C-4	19/08/96	M-1	0,4 – 3,0	3,0
C-5	19/08/96	M-1	0,4 – 3,0	3,0
C-6	19/08/96	M-1	0,4 – 3,0	3,0

CUADRO N° 7,14

CANTERA "C" IMPERMEMABLE KM, 5+800

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof.(m)
T-1	10/08/96	M-1	0,0 - 3,0	3,0
C-1	10/08/96	M-1	0,4 – 3,0	3,0

B.- EXPLORACIONES DEL CISMID-UNI (1998)

CUADRO N° 7,15

CANTERA “B” SEMI - IMPEMEABLE: KM 1+100

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof.(m)
C-1	Octubre 97	M-1	0,45 – 1,1	1,10
C-3	Octubre 97	M-1	0,75 – 1,4	1,40
C-4	Octubre 97	M-1	0,20 – 2,2	2,20
C-5	Octubre 97	M-1	0,40 – 3,6	3,60

CUADRO N° 7,16

CANTERA “C” IMPEREMEABLE, Km 4+500

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof.(m)
C-3	Octubre 97	M-1	1,0 – 1,7	1,70
C-4	Octubre 97	M-1	0,3 – 2,3	2,30
C-5	Octubre 97	M-1	0,3 – 2,1	2,10
C-7	Octubre 97	M-1	0,5 – 2,3	2,30
C-8	Octubre 97	M-1	0,1 – 0,7	0,70

CUADRO N° 7,17

CANTERA “D” IMPERMEABLE, KM 5+500

Calicatas	Fechas	Muestras	Tramo m	Prof. (m)
C-1	Octubre 97	M-1	0.2 – 3.7	3.7
C-2	Octubre 97	M-1	0.3 - 3.3	3.3
C-3	Octubre 97	M-1	0.5 – 5.3	5.3
C-4	Octubre 97	M-1	0.5 – 3.0	3.0
C-5	Octubre 97	M-1	0.4 – 4.5	4.5
C-4 + C-5	Octubre 97	M-1	Acumulado	2.8

7.4.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS SEGÚN PERC (1996)

CUADRO N° 7,18

CANTERA “A” SEMI – IMPERMEABLE KM 0+500 y 1+ 500

Cali-cata	% Material Retenido			L.L. %	LP %	SUCS	HN
	Gravas	Arenas	Finos				
C-1	42,34	41,88	15,78	15,6	NP	SM	---
C-2	69,20	18,84	11,96	13,3	NP	GP-GM	---
C-3	46,47	38,56	14,97	18,3	NP	SM	---
C-4	40,97	48,25	10,78	14,4	NP	SW-SM	6,9
C-5	37,83	38,3	23,87	16,1	2.1	SM	8,6
C-6	19,83	55,06	25,11	13,6	2.3	SM	5,9
C-7	61,03	28.,7	10,1	16,8	3.6	GP-GM	7,1

CUADRO N° 7,19

CANTERA “B” SEMI - IMPERMEABLE KM1+100

Cali-cata	% Material Retenido			L. L. %	LP %	SUCS	HN %
	Gravas	Arenas	Finos				
C-1	62,48	30,54	6,98	22,70	N. P.	GP-GM	3,88
C-3	42,45	47,91	9,64	22,45	N. P.	GP-GM	2,88
C-4	55,33	35,90	8,77	14,74	N. P.	GW-GM	5,31
C-5	57,97	32,10	9,93	13,23	N. P.	GW-GM	1,74

CUADRO N° 7,20

CANTERA “B” IMPERMEABLE, KM 4+700

Cali - cata	% Material Retenido			L. L. %	I. P. %	SUCS	HN %
	Gravas	Arenas	Finos				
T-1	16,93	20,13	62,94		11,64	CL	20,9
C-1	39,32	31,0	20,68		9,4	SC	27,6
C-2	40,03	37,24	22,73		3,3	SM	11,9
C-3	36,36	32,60	31,04		10,7	SC	26,3
C-4	36,62	37,25	26,13		6,7	SM-SC	10,9
C-5	41,21	32,21	26,58		5,4	SM-SC	14,0
C-6	60,45	14,22	25,33		13,9	GC	25,5

CUADRO N° 7,21

CANTERA “C” IMPERMEABLE, KM 5+800

Cali-cata	% Material Retenido			L. L. %	I. P. %	SUCS	HN %
	Gravas	Arenas	Finos				
C-1	35,97	20,11	56,09		14,2	SC	20,5
T-1	25,43	19,97	55,4		4,32	SM-SC	---

7.4.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS SEGUN CISMID-UNI (1998)

CUADRO N° 7,22

CANTERA “C” IMPERMEABLE, KM 4+500

Cali - cata	% Material retenido			L. L. %	I. P. %	SUCS	HN %
	Gravas	Arenas	Finos				
C-3	52.29	17.33	30.38	28.20	13.15	GC	9.5
C-4	46.88	35.43	17.69	23.83	8.30	GC	7.83
C-5	46.58	27.22	26.2	24.70	8.16	GC	8.63
C-7	56.73	20.27	23.0	34.66	11.74	GC	16.1
C-8	28.93	41.07	30.0	22.30	NP	SM	13.45

CUADRO N° 7,23

CANTERA “D” IMPERMEABLE, KM 5+500

Calicata	% Material Retenido			L. L. %	I. P. %	SUCS	HN %
	Gravas	Arenas	Finos				
C-1	59,20	13,83	26,97	31,36	15,16	GC	16,35
C-2	48,69	43,51	7,80	27,18	10,77	GW-GC	14,21
C-3	40,20	18,45	41,35	36,82	18,65	GC	17,94
C-4	9,56	16,34	74,10	43,02	16,83	CL	23,53
C-5	30,63	26,47	42,90	33,43	17,52	GC	17,56

7.4.6 EVALUACION DE RESULTADOS

1).- MATERIALES SEMI – IMPERMEABLES (ESPALDONES)

CANTERA “A” KM 0+500 y 1+100 (PERC).

- El material de la Calicata C-1, contiene 42,34 % de Grava, 41,88 % de Arena y 15,78 % de Finos, Límite Líquido 15,6 %, No Plástico, clasificado como Arena limosa (SM).
- El material de la Calicata C-2, conformado por 69,20 % de Grava, 18,88 % de Arena, y 15,78 % de Finos, Límite Líquido 13,3 %, No Plástico, clasificada como Grava pobremente graduada a Grava limosa (GP – GM).
- El material de la Calicata C-3, compuesto por 46,47 % de Grava, 38,56 % de Arena y 14,97 % de Finos, Límite Líquido 18,3 %, No Plástico, clasificada como Arena limosa (SM).
- El material de la Calicata C-4 tomado del tramo 0,0 al 3,0 m, integrado por 40,97 % de Grava, 48,56 % de Arena y 10,78 % de Finos, Límite Líquido 14,4 %, No Plástico, fue clasificado como Arena bien gradada a Arena limosa (SW – SM), y Humedad Natural 6,9 % estado ligeramente húmeda.
- El material de la Calicata C-5 tomado del tramo 0,1 a 2,5 m, contiene 37,97 % de Grava, 38,3 % de Arena, y 23,87 % de Finos, Límite Líquido 16,1 %, Índice Plástico 2,1 %, fue clasificado como Arena limosa (SM), y Humedad Natural 8.6 % estado ligeramente húmeda.
- El material de la Calicata C-6 tomado del tramo 0,2 a 4,0 m, compuesta por 19,83 % de Grava, 55,06 % de Arena y 25,11 % de Finos, Límite Líquido 13,6 %, Índice Plástico 2,3 %, clasificada como Arena limosa (SM), y Humedad Natural 5,9 % estado ligeramente húmeda.

- El material de la Calicata C-7 tomado del tramo 0,2 a 2,0 m, contiene 61,03 % de Grava, 28,87 % de Arena y 10,6 % de Finos, Límite líquido 16,8 %, Índice plástico 3,6 %, fue clasificada como Grava pobremente gradada a Grava limosa (GP – GM), y Humedad Natural 7,1 % estado ligeramente húmeda.

COMENTARIOS

A.- Ubicada en la progresiva km 0+500.

El contenido promedio de los materiales son: 48,74 % gravas, 36,8 % arena y 13,38 % de finos, clasificados como Grava limosa (GM), Grava mal graduada y Arena limosa (GP – SM), permeables, baja plasticidad (15,5 %), y No Plástico.

B.- Ubicada en la progresiva km 1+000.

El contenido promedio de los materiales son: gravas 39,56 %, arenas 40,74 % y finos 19,7 %, clasificado como Arena limosa (SM) y Grava pobremente graduada a Grava limosa y arena (GP – GM) permeable, considerado como no plástico (2,66 %), y ligeramente húmeda (7,2 %).

Los resultados del Proctor Estándar son:

- Optimo contenido de humedad = 7,4 %.
- Máxima densidad seca = 2,12 gr/cc.

Los materiales de esta cantera son permeables y pueden ser utilizados en los espaldones de los diques.

CANTERA “B” KM 1+100 (CISMID-UNI)

- El material de la Calicata C-1, tomado del tramo 0,40 a 1,10 m, contiene 62,48 % de Grava, 30,54 % de Arena, y 6,98 % de Finos, con Límite Líquido 22,70 %, No Plástico, clasificada como Grava pobremente gradada a Grava limosa (GP – GM), y Humedad Natural 3,88 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-3 tomado del tramo 0,75 a 1,40 m, conformado por 42,45 % de Grava, 47,91 % de Arena y 9,64 % de Finos, Límite Líquido 22,45 %, No Plástico, clasificado como Grava pobremente gradada a Grava limosa y arena (GP – GM), y Humedad Natural 2,88% estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-4 tomado del tramo 0,20 a 2,20 m, integrada por 55,33 % de Grava, 35,90 % de Arena y 8,77 % de Finos, Límite Líquido 14,74 %, No Plástico, clasificada como Grava bien graduada a Grava limosa y arena (GW – GM), y Humedad Natural 5,3 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-5 tomado del tramo 0,40 a 3,60 m, contiene 57,97 % de Grava, 32,10 % de Arena y 9,93 % de Finos, Límite líquido 13,23 %, No Plástico, clasificado como Grava bien gradada a Grava limosa (GW – GM), y Humedad Natural 1,74 % estado ligeramente húmedo.

COMENTARIO

Todos los materiales ensayados son clasificados como Gravas pobremente gradados a Gravas limosas y arenosas (GP – GM), No plásticos, considerados como permeables y tienen condiciones para ser empleados en los espaldones.

2).- MATERIALES IMPERMEABLE (NUCLEO)

CANTERA “B” KM 4+700 (PERC).

- El material de la trinchera T-1 tomado del tramo 00 a 1,50 m, contiene 16,93 % de Grava, 20,13 % de Arena y 62,94 % de Finos, con Límite Líquido s/d, Índice Plástico 11,64 %, clasificada como Arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), y Humedad Natural 20,9 % estado ligeramente húmedo.
- El material de la Calicata C-1 tomado del tramo 0,40 a 3,0 m, contiene 39,32 % de Grava, 3,0 % de Arena y 20,68 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 9,4 %, clasificado como Arena arcillosa (SC), y Humedad Natural 27,6 % estado húmedo.
- El material de la Calicata C-2 tomado del tramo 0,90 a 2,70 m, integrado por 40,03 % de Grava, 37,24 % de Arena y 22,73 % de Finos, con Límite Líquido s/d, Índice Plástico 3,3 %, clasificado como Arena limosa (SM), y Humedad Natural 11,9 % estado ligeramente húmedo.
- El material de la Calicata C-3 tomado del tramo 1,0 a 3,0 m, conformado por 36,36 % de Grava, 32,6 % de Arena y 31,04 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 10,7 %, clasificado como Arena arcillosa (SC), y Humedad Natural 26,3 % estado húmedo.
- El material de la Calicata C-4 tomado del tramo 0,40 a 3,0 m, conformada por 36,62 % de Grava, 37,25 % de Arena y 26,13 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 6,7 %, clasificado como Arena limosa a Arena arcillosa (SM – SC), y Humedad Natural 10,9 % estado ligeramente húmedo.
- El material de la Calicata C-5 tomado del tramo 0,40 a 3,0 m, integrada por 41,21 % de Grava, 32,21 % de Arena y 26,58 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 5,4 %, clasificado como Arena

limosa a Arena arcillosa (SM – SC), y Humedad Natural 14,0 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-6 tomado del tramo 0,40 a 3,0 m, contiene 60,45 % de Grava, 14,22 % de Arena, y 25,33 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 13,9 %, clasificado como Grava arcillosa (GC) y Humedad Natural 25,5 % estado húmedo.

Los resultados del Proctor Estándar son:

- Optimo contenido de humedad = 10,6 %.
- Máxima densidad seca = 1,95 g/cm³

- COMENTARIO

Los materiales de las calicatas C-1, C-3 y C-6 son clasificados como Arena arcillosa (SC), y Grava arcillosa (GC), considerados semi – impermeable, estas condiciones hacen su viabilidad para el empleo en el núcleo de los diques.

Los materiales de las calicatas C-1, C-4 y C-5 son clasificados como Arena arcillosa (SC), Arena limosa a Arcilla arcillosa (SM-SC), considerados semi –impermeable, y apto para ser empleado en el núcleo.

El material de la Trinchera T-1 clasificado como Arcilla inorgánica (CL) impermeable de plasticidad baja, resulta ser el más apropiado para el empleo en el núcleo de los diques

CANTERA “C”, KM 5+800 (PERC).

- El material de la Calicata C-1 tomado del tramo 00 a 3,0 m, contiene 35,97 % de Grava, 20,11 % de Arena y 56,09 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 14,2 %, clasificado como Arena arcillosa (SC), y Humedad Natural 20.5 % estado ligeramente húmedo.

Los resultados del Proctor Estándar de la calicata C-1 son:

- Optimo contenido de humedad = 11,8 %
- Máxima densidad seca = 1,88 g/cm³.

- El material de la trinchera T-1 tomada del tramo 0,40 a 3,0 m, integrado por 25,43 % de Grava, 19,97 % de Arena y 55,4 % de Finos, Límite Líquido s/d, Índice Plástico 4,32 %, clasificado como Arena limosa a Arena arcilla (SM – SC).

- **COMENTARIO**

El material de la Trinchera T-1 es relativamente similar a la calicata C-1, con 55,4 % de Finos, cuya clasificación indica su condición de materiales permeable a semi – impermeable; en consecuencia los materiales de esta cantera son aptos para el núcleo de los diques.

- **CANTERA “C” KM 4+500 (CISMID-UNI).**

- El material de la Calicata C-3 tramo 1,0 a 1,70 m, conformada por 52,29 % de Grava, 17,33 % de Arena y 30,38 % de Finos; Límite Líquido 28,2 %, Índice Plástico 13,15 %; clasificada como Grava arcillosa (GC), y Humedad Natural 9,5 % estado ligeramente húmeda.

- El material de la Calicata C-4, tomada del tramo 0,30 a 2,30 m, contiene 46,88 % de Grava, 35,43 % de Arena y 17,69 % de Finos; Límite Líquido 23,83 %, Índice Plástico 8,30 %; clasificada como Grava arcillosa (GC), y Humedad Natural 7,83 % estado ligeramente húmeda.

- El material de la Calicata C-5 tomada del tramo 0,30 a 2,20 m, compuesta por 46,58 % de Grava, 27,22 % de Arena y 26,2 % de Finos; Límite Líquido 24,7 %, Índice Plástico 8,16 %; clasificada como Grava arcillosa (GC); y Humedad Natural 8,63 % estado ligeramente húmeda.

- El material de la Calicata C.-7 tomada del tramo 0,50 a 2,30 m, contiene 56,73 % de Grava, 20,27 % de Arena, 23 % de Finos; con Límite Líquido 34,66 %, Índice Plástico 11,7 %; clasificada como Grava arcillosa (GC), y Humedad Natural 16,1 % estado ligeramente húmeda.

- El material de la Calicata C-8 tomada del tramo 0,10 a 0,70 m, integrada por 28,93 % de Grava, 41,07 % de Arena y 30 % de Finos; Límite Líquido 22,3 %, No Plástico; clasificado como Arena limosa (SM), y Humedad Natural 3,45 % estado ligeramente húmeda.

Los resultados del Proctor Estándar varían como se indica:

- Optimo contenido de humedad 10,9 a 12,0 % promedio 11,4 %.
- Máxima densidad seca 1,92 a 1,98 g/cm³, promedio 1,95 g/cm³.

- **COMENTARIO**

Las calicatas C-3 y C-7 contienen en promedio gravas 50,62 %, arena 25,05 % y finos 24,32 %, clasificados como Grava arcillosa (GC), semi – impermeable, Límite Líquido promedio 28,5 %, ligeramente húmedo (10,5 %).

Los materiales de esta cantera son buenos y aceptables para el empleo en el núcleo de los diques.

En cambio, la Calicata C-6 contiene 30 % del material fino, clasificado como Arena limosa (SM) permeable, ligeramente húmedo (13,45 %); este material no es adecuado para el núcleo, el cual podría ser aislado.

- **CANTERA “D” KM 5+000 (CISMID-UNI)**

- El material de la Calicata C-1 tomado del tramo 0,20 a 3,70' m, contiene 59,2 % de Grava, 13,83 % de Arena y 26,97 % de Finos; Límite Líquido 31,36 %, Índice Plástico 15,16 %; clasificado como Grava arcillosa (GC), y Humedad Natural 16,35 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-2, tomado del tramo 0,30 a 3,30 m, conformado por 48,69 % de Grava, 43,51 % de Arena y 7,8 % de Finos; Límite Líquido 27,16 %, Índice Plástico 10,27 %, clasificado como Grava bien gradada a Grava arcillosa (GW – GC); y Humedad Natural 14,21 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-3, tomado del tramo 0,50 a 5,30 m, contiene 40,20 % de Grava, 18,45 % de Arena y 41,35 % de Finos, Límite Líquido 36,82 %, Índice Plástico 18,65 %, clasificado como Grava arcillosa (GC), y Humedad Natural 17,94 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-4, tomado del tramo 0,50 a 3,0 m, contiene 9,56 % de Grava, 16,34 % de Arena y 74,10 % de Finos, Límite Líquido 43,02 %, Índice Plástico 16,83 %, clasificado como Arcilla inorgánica de mediana plasticidad (CL), y Humedad Natural 23,53 % estado ligeramente húmedo.

- El material de la Calicata C-5 tomado del tramo 0,40 a 4,50 m, conformada por 30,63 % de Grava, 26,47 % de Arena y 42,90 % de Finos, con Límite Líquido 33,43 %, Índice Plástico 17,52 %, clasificado como Grava Arcillosa (GC), y Humedad Natural 17,56 % estado ligeramente húmedo.

Los ensayos del Proctor Estándar son:

- Optimo contenido de humedad = 19,55 %
- Máxima densidad seca = 1,69 g/cm³.

- **COMENTARIO**

Esta cantera “D”; tiene como promedio 37,65 % de Grava, 23,72 % de Arena % y 38,62 % de Finos; clasificado como Arcilla inorgánica (CL) a Grava arcillosa (GC), impermeable a semi – impermeable, Límite Líquido promedio 35 % de baja plasticidad.

El material de esta cantera es adecuado para el empleo en el núcleo de los diques; sin embargo, una mezcla de las calicatas C-4 + C-5 tiene un alto contenido de Gravas con 60,03 %, Arena 19,62 % y Finos 20,35 %,

clasificados como Grava limosa (GM) permeable y No Plástico, por lo cual existe la necesidad de realizar una combinación integral para obtener un mismo tipo de material.

3).- MATERIAL DE FILTRO, KM 0+590

Cantera "I"; el contenido promedios de los materiales son 5,84 % de finos, clasificado como Grava limosa (GM) permeable; este material es recomendable para el empleo como material de filtro.

En opinión del CISMID – UNI, una muestra con contenido de finos entre 5 y 12 % debería clasificarse como Grava pobremente graduada a Grava limosa (GP – GM) permeable, y no sería conveniente el uso como filtro, y recomienda: el contenido de finos no debe sobrepasar el 5 %.

4).- MATERIAL DE AGREGADO, RIO CHA'CO-PONGORA

Cantera "H", se encuentra en explotación, reúne buenas características granulométricas, con contenido de finos sólo de 4,32 %, clasificado como Grava bien gradada (GW) permeable, y desgaste a la abrasión 25 %, debido al cual se vienen empleando en diversas obras (viviendas y mantenimiento de carreteras) en la ciudad de Huamanga.

Según PERC, este material es bueno para el uso como filtro, dren y concreto, y según CISMID-UNI el material es más apropiado debido que la grava es limpia de impurezas y porcentaje de finos menor a 5 %, desgaste a la abrasión inferior a 50 %, y tiene buenos resultados en las construcciones.

Esta cantera contiene grandes volúmenes de agregados disponibles, la desventaja es la distancia para el transporte (40 km) hasta el lugar de los embalses, la misma repercutirá en el costo por el flete del transporte.

5).- MATERIAL DE ROCA, KM 0+700

Cantera "R", los afloramiento de roca corresponde a la facie superior volcánica del Grupo Mitu, consistente de andesita, con cobertura meteorizada y presencia de discontinuidades persistentes con cuatro sistemas, alcanzan dos y tres metros de profundidad, buzamientos favorables a la pendiente del talud, superficie rugosa, con estructuras cerradas, algunas son abiertas y rellenadas con material orgánico y detritus de la misma roca.

Los ensayos de parámetros geomecánicos son:

- Ensayos de Durabilidad

Las muestras M-1 y M-2 expuesto a dos ciclos de congelamiento y deshielo por tamices sumergidas en una solución del sulfato de sodio

durante 24 horas y luego secada al horno hasta obtener un peso constante, este proceso es repetido cinco veces, que finalmente se obtiene el porcentaje de desgaste del material

- **Ensayos de Abrasión**

Con el mismo objetivo anterior se ha realizado el ensayo de abrasión de las muestras M-1 y M-2, empleando la Máquina de los Angeles. En este proceso se ha agregado una carga abrasiva con una granulometría determinada.

La diferencia entre el peso original de las muestras y el peso de la fracción expresado en porcentaje es el coeficiente de desgaste de los Angeles.

- **Análisis Mineralógico – Petrográfico**

Una muestra tomada de la cantera tiene el siguiente resultado:

- Textura afanítica a porfirítica.
- Color verde oliva a verde.
- Tamaño de granos: fino a medio
- Estructura compacta.
- Nombre: Andesita.
- Porosidad 0,72 % bajo.
- Oxidación ligera.

La muestra obtenida corresponde a roca volcánica, expuesta en cercanía a las obras; existen varios afloramientos en el recorrido de la vía, aparentemente con características similares, en los cuales se puede seleccionar suficientes volúmenes de roca, con tamaños requeridos para el paramento aguas arriba de los diques, y los mismos serían extraídos mediante voladuras con explosivos.

7.4.7 CUBICACION DE LOS MATERIALES

Las diferentes canteras descritas carecen del plano topográfico necesario para realizar la cubicación respectiva, las mismas se habrían obviado por razones presupuestales; sin embargo, las instituciones ejecutores de los estudios de canteras estiman los siguientes volúmenes:

CUADRO N° 7,24

CUBICACION: VOLUMEN DE MATERIALES

Entidad	Materiales	Volumen MC
PERC (1996-97)	Cantera "A" Espaldones	59 000
	Cantera "B" Núcleo	48 000
	Cantera "C" Núcleo	135 000
	Cantera "R" Rocas	13 500
CISMID-UNI (1997-98)	Cantera "B" Núcleo	16 325
	Cantera "C" Núcleo	33 400
	Cantera "D" Núcleo	26 980
	Cantera "R" Roca	52 000
	Cantera "I" Filtro	Sin dato
	Cantera "H" Agregado	Sin dato

CAPITULO VIII

GEOTECNIA

8.1.0 EMBALSE AZAFRANCUCHO

8.1.1 NIVELES FREÁTICOS

En el área del embalse Azafrancucho no existe laguna glaciar para afirmar que los niveles freáticos en las calicatas tengan esa relación o sean alimentados por filtraciones, los afloramientos del subsuelo ocurren en sentido transversal al valle, es decir de los flancos hacia el área de inundación o cauce, las mismas provienen de las infiltraciones en los niveles superiores durante las épocas húmedas a través de la porosidad del Depósito Morrena y las discontinuidades de la facie volcánica del Grupo Mitu expuestas en los apéndices laterales.

En la llanura de inundación las áreas pantanosas tienen indicios de un nivel constante, cuyo piso está conformado de sedimentos lacustrinos como resultado probablemente de una antigua laguna glaciar.

En el estribo derecho del dique y aguas abajo existen afloramientos de agua permanentes en sentido de la pendiente, con caudales mínimos que mantiene húmedos al material de cobertura, estos flujos son alimentados por las precipitaciones pluviales, pues parte de la escorrentía superficial es infiltrada, y avanza como flujos subterráneos sub superficiales hasta verter en los niveles inferiores del talud.

8.1.2 ESTANQUEIDADES

Los materiales delimitantes son macizos rocosos, con pendientes hacia la llanura de inundación (cuenca), la superficie del Grupo Mitu (facie clástica) está tapizada masivamente con materiales glaciares semi impermeables; por lo tanto con el nuevo nivel del agua - NAME será imposible que ocurran fugas masivas del agua fuera del área (lateralmente).

En la zona de cierre el material de cimentación en sentido vertical según la Geoelectrica (secciones Transversales), está conformado por materiales glaciares con espesores en varias decenas de metros, con compacidades sueltas a firmes y semi impermeables; esta condición geotécnica debe mejorar favorablemente hacia la profundidad por efecto de la presión de los estratos suprayacentes.

La única posibilidad de fuga del agua sería en todo caso por la zona de cierre en sentido del valle como consecuencia de las presiones del embalse.

Para contrarrestar esta probable fuga y mejorar la estanqueidad de los materiales de cimentación, el Diseño Hidráulico ha considerado una

pantalla de impermeabilización hasta 15 metros de profundidad con materiales impermeables / semi - impermeables, y un manto de geomembrana en la superficie hasta 100 metros de longitud aguas arriba desde el pie del talud de dique.

8.1.3 ESTABILIDAD DE LADERAS

Tanto las llanuras de inundación, así como los flancos circundantes hasta más arriba del NAME, tienen pendientes inclinadas a empinados uniformemente, donde el Grupo Mitu está cubierto masivamente por materiales glaciarios: Depósito Morrénico tanto en fondo como en los taludes y Depósito Fluvio Glaciar sólo en la llanura.

En la superficie de ambos flancos y en la parte posterior del embalse no existen indicios de inestabilidades como son los procesos de escarpamientos, deslizamientos por sobresaturación, hundimientos, fallas o contactos abiertos, aludes, afloramientos de agua, la erosión fluvial en el cauce son esporádicas e incipientes (sin importancia), lo que indica que la intensidad de descargas hídricas tienen baja frecuencia. Con el nuevo NAME la cobertura de los flancos no se modificará los taludes, además la vegetación existente (ichu) fija el suelo con las raíces.

La laguna glaciar Peruayani es de tamaño pequeño, ubicado en la parte alta y margen derecha del embalse dreña (rebose) sus aguas al área de inundación, esto ocurre cuando hay recarga en los periodos húmedos, y debido a la pendiente fuerte del curso acarrea y transporta algunos materiales clásticos formando un pequeño cono del Depósito Aluvial en la llanura derecha con volumen mínimo, éste proceso de drenaje poco frecuente no influirá en la erosión de las paredes como en la sedimentación del embalse, para suponer se incremente el volumen muerto.

Hacia la cola del embalse Azafrancucho y pie del talud izquierdo existe el Depósito Coluvial, conformado por bloques gigantes de naturaleza volcánica con volumen menor, estos escombros acumulados por gravedad tienen origen fuera del embalse (parte alta del apéndice), durante el periodo de vida útil habrán nuevos bloques desprendidos, pero no serán frecuentes ni intensos sino esporádicos.

Por lo manifestado, el área de inundación tiene materiales de cimentación con compacidad firme a muy dura, sin indicios de inestabilidad del talud aún con el nuevo NAME, y de ocurrir cualquiera de los procesos geodinámicos serían naturales y puntuales, que luego de modelarse la superficie habrá un nuevo equilibrio en los taludes afectados.

8.1.4 OLEAJES

Con respecto a la corriente aérea, el área del proyecto tiene incidencia solamente con los vientos locales y procedentes del valle interandino río Cachi, más no con la corriente aérea regional procedente de la vertiente del Atlántico, según el siguiente detalle:

Cuadro N° 8.01

POSICIÓN DE LAS CORRIENTES AEREAS

Rango	Rumbo	Descripción
Regional	E-O	Proviene del lado Oriental (vertiente Atlántica) y ocurre generalmente por las mañanas
Local	SO-NE	Proviene del valle interandino río Cachi, ocurre generalmente durante el día al atardecer. La corriente asciende por el curso del río Ayahuarcuna – Azafrancucho y disipa al impactarse con la divisoria de aguas (apéndice posterior)

De acuerdo a lo indicado en el Cuadro la corriente de aire con rango regional o continental no tendrá incidencia en el espejo del NAME, la posición de la divisoria de aguas o Geoanticlinal Comas – Tambo es una barrera longitudinal que permite se eleve y se desplace a mayores distancias fuera del embalse.

La corriente aérea local será favorable para la estabilidad del dique, la fricción del agua (NAME) causará oleajes de baja intensidad con sentido del dique hacia la parte posterior (cola) del embalse, e impactará sólo en las paredes laterales.

El proceso de oleaje con el nuevo NAME será leve, dada la conformación litológica, la compacidad firme de los materiales, pendientes inclinadas, presencia de vegetación, posición del valle, y baja intensidad de la corriente aérea local, por lo tanto no generará la formación de polvareda en la llanura y los flancos laterales, la fricción en el espejo de agua será diaria pero de menor intensidad, y aliviará en algo los esfuerzos de tensión existente en el dique.

8.1.5 MATERIAL DE CIMENTACION

La zona de cierre e inundación según el mapeo geológico, y resultados de la Prospección Geoelectrónica, desde la superficie hasta el nivel del basamento, y desde la zona de cierre hasta la cola de inundación consiste de Depósito Morrenico, este material según BIENAWSKI (1978) corresponde a la Clase V calidad Suelo (granular), los parámetros de diseño son: Resistencia a la Compresión Simple $q_u > 1,0 \text{ kg/cm}^2$, Angulo de Fricción Interna $\phi > 30^\circ$ y Cohesión $C' = 0$. Ver Plano N° 8,01.

Sobre este material así definido se ha proyectado la línea de cimentación del dentellón (pantalla impermeable), cuya profundidad máxima alcanza a 15 m y disminuye hacia los estribos paulatinamente hasta llegar a 00 km al nivel de corona. Ver figura N° 8,01.

8.1.6 VERTIENTES DE AGUA

Todos los afloramientos de agua son manifestaciones sub superficiales que tienen como medio al Depósito Morrena, con caudales mínimos y drenan siempre hacia la llanura (cuenca), la fuente de alimentación son las infiltraciones en la superficie de los apéndices (facie volcánica del Grupo Mitu), que inicialmente discurren a través del Depósito Morrena y terminan aflorando en contacto con el Depósito Fluvio Glaciar.

Las aguas vertidas no se encuentran contaminadas por sales y otros compuestos químicos que puedan afectar a las estructuras de concreto.

En la zona de cierre el estribo derecho tiene más afloramientos, de manera constante, ubicadas en niveles superiores a la corona (diseño), estos flujos serán derivados mediante canales fuera del área (dique) durante la fase de Obra.

8.1.7 PROBABLES COLAPSOS

El dique de tierra está diseñado según los factores de seguridad máxima, tomando en consideración las condiciones del material de cimentación, será construida según las especificaciones técnicas elaboradas para tal caso; sin embargo se puede admitir una probabilidad muy remota de colapsos en las estructuras diseñadas, por razones extremas no mencionadas como el proceso antrópico (atentados, o cualquier otra modalidad), los cuales puedan generar colapsos parcial o total en las estructuras hidráulicas.

En estos casos extremos, el flujo masivo del agua discurrirá por el cauce del río Azafrancucho – Ayahuarcuna, hasta confluir al río Cachi , en el trayecto fortuitamente no existen asentamientos humanos como terrenos cultivados que podrían ser afectados por la avalancha (flujo turbulento y voluminoso), pero serían barridos todas las captaciones de los canales Macachacra I y II, los puentes carreteros que enlazan las localidades de Huamanguilla – Macachacra y Huamanga – Huanta, en tal sentido será tarea de las autoridades locales, usuarios, ATDRH y Defensa Civil, los encargados de las informaciones, educación y entrenamientos respectivos (simulacros), como un medio de prevención a los desastres.

8.2.0 EMBALSE YANACocha

8.2.1 NIVELES FREÁTICOS

El área de inundación es una laguna glaciaria, con recarga y drenaje permanente, la zona de cierre se encuentra ligeramente húmeda, las excavaciones realizadas anteriormente se encuentran con agua hasta el tope, alimentadas por afloramientos en los flancos, algunas calicatas ubicadas en laderas fuera de la corona se encuentran secas, lo que indica que los flujos de agua se encuentran en niveles poco profundos y afloran al pie de los taludes.

8.2.2 ESTANQUEIDAD

El material de cimentación del flanco derecho del área de inundación superficialmente está constituido por Depósito Morrena, de compacidad firme a dura, con muy pocas afloramientos de agua hacia la laguna.

El flanco izquierdo está cubierto superficialmente por Depósito Fluvio Glaciario que suprayace al Depósito Morrena sin afloramientos de agua, en la parte posterior existen algunos afloramientos que drenan hacia el área de inundación.

Por lo descrito, todas las vertientes de agua drenan siempre hacia el área de inundación, deduciendo la no existencia de fugas masivas fuera del área de inundación cualquiera sea el sentido, por tanto los materiales yacentes en los apéndices laterales tienen buena estanqueidad.

La única zona de fuga sería por la zona de cierre dado que el material de la superficie (Depósito Fluvio Glaciario) se encuentra húmedo y con compacidad suelta, sin embargo este material tiene espesor máximo de 4,0 metros en la zona central (según la Geoelectrica), la misma será reemplazada con material impermeable (dentellón), además se considera un manto de geomembrana hasta 100 metros aguas arriba desde el pie del dique, para mejorar aún más la estanqueidad.

La laguna Yanacocha tiene como base a los depósitos Fluvio Glaciario y Morrena, que impermeabiliza a la facie detrítica del Grupo Mitú, esta laguna tiene su alimentación y drena por reboce con similar caudal y constante, deduciéndose que tenga buena estanqueidad.

8.2.3 ESTABILIDAD DE LADERAS

El flanco derecho del área de inundación está constituido por Depósito Morrena, con pendiente empinada uniformemente, compacidad firme a dura, los pequeños afloramientos de roca volcánica tienen pendientes similares, con dureza media a alta, en este flanco y hasta el nuevo NAME existen condiciones de buena estabilidad, y los oleajes generados por las corrientes aéreas locales no producirán desestabilización de las laderas.

El flanco izquierdo constituido superficialmente por el Depósito Morrena, con pendiente empinado en los niveles inferiores e inclinados en niveles superiores, cubierto por vegetación (ichu), no presentan indicios de erosiones recientes por la escorrentía superficial ni afloramientos de agua, por tanto en la nueva franja hasta el NAME no se presentaran condiciones de inestabilidad; salvo los materiales glaciarios del nivel inferior referido a una pequeña Quebrada con extensión muy reducida es un caso puntual, que luego de la erosión inicial se modelará alcanzando el equilibrio del talud, y el material erosionado en pequeño volumen se sedimentará en el fondo de la laguna.

La parte posterior con afloramientos de rocas volcánicas y sedimentarias con buzamientos inclinados hacia el área de inundación, tienen condiciones de buena estabilidad.

Por lo descrito, la nueva franja con el NAME en los tres márgenes tienen buenas condiciones de estabilidad del talud.

En el caso del apéndice derecho (nivel superior del cerro Yanaorcco) constituido por rocas volcánicas del Grupo Mitu, se encuentra en proceso de meteorización permanente originando el desprendimiento de rocas, los mismos que caerán al fondo del embalse laguna (como que ya existen), pero este proceso es lento y poco frecuente, sus efectos generarán olas sin afectar a la estructura del dique por encontrarse lejos del impacto.

Los estribos de la zona de cierre tienen pendientes simétricas, inclinadas en los niveles inferiores y empinadas en niveles superiores, constituidos por depósitos de Morrena con compacidad firmes y buena estabilidad, el Depósito Fluvio Glaciar aunque está comprometido por la humedad constante a causa de los afloramientos de agua (estribo derecho), en la cual se proyectan drenes laterales fuera del dique durante la fase de Obra.

8.2.4 OLEAJES

Con respecto a la corriente aérea, las características son las mismas enfocadas para el caso del embalse Azafrancucho.

Cuadro N° 8.02

POSICIÓN DE LAS CORRIENTES AEREAS

Rango	Rumbo	Descripción
Regional	E-O	Proviene del lado Oriental (vertiente Atlántica) ocurre generalmente por las noches al amanecer
Local	SO-NE	Proviene del valle interandino río Cachi, la corriente aérea asciende por el curso del río Ayahuarcuna –Yanacocha, éste proceso ocurre durante el día al atardecer.

De acuerdo a lo explicado y lo indicado en el Cuadro, la corriente de aire con rango local es favorable porque los esfuerzos que genera la corriente alivia la tensión en la estructura del dique, dado el sentido del viento del dique hacia la cola del embalse; en cambio la corriente aérea con rango regional o continental no tendrá incidencia en el espejo del NAME, para ello la divisorias de aguas sirven de barrera, y permiten que las citadas corrientes se eleve y se desplacen fuera del área.

La superficie del valle tiene las mismas características indicadas para el caso del valle Azafrancucho, por lo cual la corriente de aire local no generará polvaredas, la misma que al impactarse con el apéndice posterior se disipa la energía.

8.2.5 AFLORAMIENTOS DE AGUA

Todas las vertientes de agua mencionadas son manifestaciones superficiales con caudales mínimos (menores a 5 l/s), los flujos siempre tienen sentidos transversales al valle, las únicas fuentes de alimentación son las precipitaciones pluviales en los apéndices, una parte de la escorrentía superficial son infiltradas por medio de las discontinuidades de la roca volcánica y la porosidad del Depósito Morrénico, que fluyen como conductos subterráneos, y vierten en contacto con el depósito Fluvio Glaciar en los niveles inferiores (llanura).

En la parte posterior los cerros Mataroccasa y Huanopata, si bien ya no poseen nieves constantes como lo fueron en épocas anteriores, pero si están afectados por estructuras abiertas formando bloques, los cuales son eficaces para las infiltraciones de aguas meteóricas, que luego afloran en los flancos inferiores de modo permanente, y sirven de recarga a la laguna durante el año.

Las aguas afloradas no se encuentran contaminadas por sales y otros compuestos químicos que afecten a las estructuras de concreto.

8.2.6 MATERIALES DE CIMENTACION

La zona de cierre según el mapeo geológico, y resultados de la Prospección Geoeléctrica, es una secuencia de materiales glaciarios, es decir suelos gravosos en estados sueltos en superficie y/o con ligera consolidación (los más profundos) desde la superficie hasta el nivel del basamento, y según BIENAWSKI (1978) este tipo de materiales corresponde a la Clase V calidad de Suelos (granulares), los parámetros de diseño son: Resistencia a la Compresión Simple $q_u > 1,0 \text{ kg/cm}^2$, Angulo de Fricción Interna $\phi > 30^\circ$ y Cohesión $C' = 0$. Ver Plano N° 8,02.

Sobre este material así definido se ha proyectado la línea de cimentación un dentellón de material impermeable, cuya profundidad

máxima alcanza a 10 metros disminuyendo hacia los estribos paulatinamente hasta llegar al nivel de la corona.

Además está considerado el uso de geomembrana como en el caso del embalse Azafrancucho, para mejorar aún más la impermeabilidad del material de cimentación.

8.2.7 PROBABLES COLAPSOS

El dique de tierra está diseñado según los factores de seguridad máxima y las condiciones del material de cimentación, el que será construido según las especificaciones técnicas elaboradas para tal caso.

Sin embargo, debe admitirse una probabilidad muy remota de vulnerabilidad, podrían ser los procesos antrópicos como los atentados habidos (terrorismo), o cualquier otra modalidad extrema, que causaría colapso parcial o total en sus estructuras.

En estos casos, el flujo masivo del agua discurrirá por el cauce del río Yanacocha – Ayahuarcuna, hasta confluir al río Cachi, en el trayecto fortuitamente no existen asentamientos humanos ni terrenos cultivados que podrían ser afectados por el aluvión, pero todas las captaciones de los canales Huamanguilla I y II, y Macachacra I, así como las puentes carreteros que unen las localidades de Huamanguilla – Macachacra y Huamanga – Huanta, serían afectadas seriamente, en tal sentido será tarea de las autoridades locales, usuarios y Defensa Civil, los encargados de las informaciones, educación y entrenamientos respectivos (simulacro), como un medio de prevención a los desastres.

CAPITULO IX

GEODINAMICA EXTERNA

9.1.0 PROCESOS GEODINAMICOS ANTERIORES

Desde épocas anteriores hasta el presente, el área de influencia de los embalses Yanacocha y Azafrancucho fueron objetos de varios movimientos tectónicos, los cuales modelaron la morfología superficial original en diversos grados, las mismas fueron coadyuvadas por procesos de intrusión magmática y extrusión (hipabisal); algunos de los procesos más importantes que se conocen son descritos a continuación

9.1.1 PROCESOS TECTÓNICOS

La morfología del área de los embalses propuestos son cuencas tectónicas pequeñas como resultado del proceso de plegamiento intenso tanto longitudinal y transversal, que afectó al Grupo Mitu entre otras unidades, influenciado por la intrusión ígnea (Granito San Miguel) que afloran en el flanco Oriental de la divisoria de aguas; el conjunto de estos procesos tectónicos más la intrusión magmática ha permitido la formación del Anticlinorio Comas – Tambo iniciado en el Paleozoico superior, los efectos de esta tectogénesis ha modelado la cobertura con aspecto de callejones o valles tectónicos

La cuenca Azafrancucho tiene orientación inicial de NO-SE, desde el cerro Razuhuilca hasta la cola del área de inundación, luego flexiona hacia el Sur hasta la cabecera del río Ayahuarcuna; por otro lado la cuenca Yanacocha tiene orientación general del NE al SO, desde la divisoria de aguas conformados por los cerros Matarocasa y Huanopata hasta la cabecera del río Ayahuarcuna respectivamente.

9.1.2 PROCESOS ESTRUCTURALES

Sabemos que, en la Cordillera Oriental / Anticlinorio Comas – Tambo, en la zona de Huanta fue reconocida hasta cuatro bloques estructurales de amplitud regional con recorridos de varios kilómetros, estos bloques son:

- Bloque Razuhuilca – Cobriza,
- Bloque Ayacucho – Churcampa,
- Bloque Pampas – Paucartambo, y
- Bloque Tambo.

El Proyecto de represamiento está ubicado en el Bloque Razuhuilca – Cobriza, que representa una estructura más conspicua, constituida por unidades del Paleozoico medio superior como grupos: Excelsior, Ambo, Tarma, Copacabana, y Mitu; aunque también integra los afloramientos del Batolito Andino: Villa Azul (la mayoría de los mencionados están localizados fuera del área de embalses).

Al Bloque Razuhuilca – Cobriza se le ha tipificado como el sinclinal mayor, cuyo núcleo está conformado por los grupos Mitu y Copacabana (otros sectores).

9.1.3 DEGLACIACIONES EN LA CORDILLERA ORIENTAL

El área de los embalses por la altitud elevada y ubicación geográfica en que se encuentra, fue el asiento para las nieves permanentes durante el Pleistoceno.

Según Dollfus (1965) (referencia de Francois Mégard 1968), al realizar estudios en la Cordillera Oriental (sector Huancayo), ha concluido que los depósitos de morrena son correlacionables a tres grandes etapas de desglaciaciones y de ámbito regional, cuya amplitud habría abarcado hacia el SE, la: Cordillera Razuhuilca (sectores de Huanta – Quinua).

Durante la primera deglaciación denominada Mantaro, los depósitos de morrenas bajaron hasta la cota de 3 500 msnm, reconocido por su frecuente y pronunciado acostramiento, lixiviación y alteración local; la morfología típica de las morrenas tales como crestas, arcos, etc., fueron destruidas en la mayoría de los casos por la erosión posterior; los materiales glaciares tapizaron el flanco Este de la depresión Acostambo situado sobre la carretera Huancayo – Huamanga.

En la segunda deglaciación, los depósitos morrénicos tienen posiciones morfológicas nítidas, abunda en todos los valles de altura superior a 3800 msnm, por ejemplo cubren parte del flanco Oeste del sinclinal Acostambo y son claramente visibles en la carretera Huancayo – Huayucachi – Pampas, y Huancayo – Huamanga.

En la tercera desglaciación, el Depósito Fluvio Glacial sólo alcanza a rellenar las partes anchas de los valles glaciares de la segunda desglaciación, depositando pequeños arcos (represamientos) entre las grandes morrenas, como ejemplo cita a las lagunas Huacra cocha y Yauli cocha.

El perfil de esta glaciación fue mucho más importante en zonas aledañas a los macizos montañosos actualmente cubiertos de nieve como Huaytapallana, Andamarca, entre otros.

9.1.4 PROCESOS DE DEGLACIACIONES EN LA ZONA DEL PROYECTO

Durante la época del Pleistoceno las partes con altitudes superiores a los 4 000 msnm fueron asientos de nieves perpetuas, a finales de esta época (post Pleistoceno) habría ocurrido la crisis climática a nivel regional y el clima sub tropical reinante de la región geográfica, originaron los procesos de desglaciaciones de las nieves, generando flujos intensos y voluminosos que transportaron los materiales glaciares.

El Depósito Morrénico fue el primero en formarse por los efectos de la desglaciación y probablemente ocurrió en dos o tres etapas como se menciona en el numeral anterior, cuyo flujo descendió con aspecto voluminosos y sucesivos, rellenando el fondo y tapizando masivamente las paredes de los valles tectónicos; luego de una pausa, ocurrió la tercera entrada de flujos menos densos que las primeras, al que se ha denominado Depósito Fluvio Glaciar, el cual ha rellenado solamente el fondo de los valles.

Esta última corriente glaciar habría represado varias lagunas escalonadas, las mismas fueron drenadas por reboces de los diques (erosión fluvial). La laguna Yanacocha sería el resultado de la última corriente glaciaria, el cual se mantiene porque el dique de represamiento tiene altura aproximadamente mayor a 10 m, la recarga y descarga es menos intensa y frecuente pero constante.

En el valle Azafrancucho de acuerdo a los indicios existentes en el área de inundación propuesta existió una laguna glaciar, y sería la última en haberse drenado por rebose y erosión fluvial del dique glaciar.

En ambos valles aguas abajo de los ejes de represamientos proyectados existen indicios de varias lagunas glaciares medianas a pequeñas, los cuales se habrían drenado porque la recarga del caudal fueron mayores durante las épocas húmedas, originándose los reboces y erosiones fluviales respectivas.

9.2.0 PROCESOS GEODINAMICOS PERMANENTES

9.2.1 CLIMATOLOGÍA

Para determinar los componentes del clima reinante se ha recurrido a los registros de varias estaciones hidrometeorológicas instaladas en la región, y sobre todo tomando como base a las estaciones ubicadas en las localidades de Huanta y Quinoa (próximas a los embalses), y mediante la relación con la altitud se ha determinado valores aproximados de varios parámetros para el área de los embalses, cuyos resultados se indica en el siguiente cuadro.

Embalses Proyectados	Altitudes msnm	Isoyetas mm	Temp. ° C	H. N %	Evapotr... %
Azafrancucho	3960	1271.48	5.3	76.67	1619.05
Yanacocha	4000	1401.28	4.7	77.38	1842.53

En el presente Cuadro se observa que a mayor altitud ocurre menor temperatura, mayor precipitación pluvial, mayor humedad natural y mayor evaporación (estacional); pero la ubicación geográfica de la Cordillera Oriental (Cordillera Razuhuilca) permite la tendencia al clima sub tropical, es decir es siempre más húmeda, con precipitación pluvial más frecuente e intensa principalmente en los periodos húmedos.

Según PERC (1996-97), para el espejo del embalse Yanacocha la evaporación total anual calculada para la cuenca es 1 060 mm y para el espejo actual es 742 mm, la precipitación pluvial total media anual fue calculada en 1 390 mm para la cuenca y 1287 mm para el espejo del embalse. Además la pendiente de la cuenca es $SC = 47.05 \%$ sobre una superficie total de 3.27 km^2 y la pendiente del curso principal es $s = 21.25 \%$

9.2.2 PROCESOS DE METEORIZACIÓN

El Depósito Coluvial de la margen derecha del área de inundación del embalse Yanacocha y margen izquierda del embalse Azafrancucho, están conformados por bloques y gravas angulosas con tamaños gigantes y espesores menores, provenientes de la parte alta (cerro Yanaorcco) que corresponde a la facie volcánica del Grupo Mitu, encontrándose en estado de tensión causando el fracturamiento y colapso poco frecuentes.

El Depósito Coluvial de la margen izquierda del embalse Yanacocha es de origen Morrénico con pequeñas extensiones y espesores mínimos (puntuales), como resultado de sobresaturación en la cobertura del Depósito Fluvio Glaciar que luego se colapsaron durante las épocas húmedas, con algunos afloramientos de agua en sus cabeceras, sin embargo la morfología del material morrénico de modo general se encuentra con taludes estabilizados.

9.2.3 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El informe realizado por PERC (1996-97) indica, que en el ámbito del Proyecto no existen informaciones sedimentológicas de las fuentes hídricas que permitan la cuantificación directa del transporte de material sólido en las cuencas de interés, y para estimar este parámetro emplearon los siguientes métodos.

1.- Método Precipitación Pluvial Media Anual – Volumen de Sólidos.

Según la relación (Laughein y Shumn) entre la precipitación pluvial media anual y el volumen de sólidos anualmente aportados por unidad de área, en la zona o área de recepción hídrica del embalse Yanacocha, la precipitación pluvial media anual es de 850 mm, luego el aporte de sedimentos será de 110 Tn/Km^2 .

Considerando un peso específico de sólidos sumergidos igual a $1,30 \text{ Tn/m}^3$, y sabiendo que el área de la cuenca es $3,27 \text{ Km}^2$, el aporte anual será de 0,00028 MMC.

2.- Relación Altitud Media – Caudal / Sólido Medio.

Según la relación altitud media de la cuenca, entre el cociente del caudal de sedimentos y el caudal anual de la cuenca aportante, el cual ha sido obtenido a partir de información sedimentológica de diferentes ríos del país, siendo la altitud media de la cuenca Yanacocha igual a 4150.515 msnm, el cociente entre el caudal de sólido y el caudal medio anual es 0.55.

El caudal medio anual de la cuenca es igual a 0.00011 lts/seg, lo que representa un aporte anual en volumen de 0.000144 MMC.

3.- Ecuación de Murano

Esta ecuación, determina en base a informaciones de 103 embalses, que relaciona el aporte específico de sólidos de la cuenca con su precipitación anual, área, altitud y pendiente media.

$$QS = 10^{-3.2} A^{-0.21} P^{0.97} H^{1.21} I^{0.68}$$

Donde:

- QS= Caudal del sólido específico en M³/Km²-año
- A = Área de la cuenca aportante en Km²
- P = Precipitación medial anual en mm
- H = Altitud media de la cuenca en msnm.
- I = Pendiente media de la cuenca

Para la cuenca de la laguna Yanacocha, la altitud media es de 4150.515 msnm y su pendiente media es 3.50 %, luego el aporte de sólidos es de 0.00083 MMC anualmente.

4.- Ecuación de Fleming

La ecuación de Fleming relaciona el aporte de los sólidos con la descarga media anual de la cuenca y toma en cuenta fundamentalmente el tipo de cobertura, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$QS = A Q^n$$

Donde:

- QS = Caudal sólido en Tn
- Q = Caudal media anual (pie³/seg)

Donde:

- QS = Caudal sólido en Tn
- Q = Caudal media anual (pie²)
- a, n = Parámetro en función de la cobertura para las condiciones de cobertura de la cuenca de Yanacocha, se tiene:

$$a = 14.474 \text{ y } n = 0.75$$

Luego: $QS = 13.60 \text{ Tn/año}$

Considerando el peso específico de material sólido igual a 1.3 Tn/m^3 , se tiene un volumen anual de aporte sólido igual a 0.00001 MMC .

Los resultados obtenidos de la aplicación de los diferentes métodos se resumen en el siguiente Cuadro.

CUADRO N° 9, 01

**VOLUMEN DE SEDIMENTOS POR DIFERENTES MÉTODOS
EMBALSE YANACocha**

N°	Método	Vida Útil 50 años (MMC/año)	Aporte Anual de Sedimentos
1	$QS = f(p)$	0.00028	0.01400
2	$QS/Q = f(H)$	0.00004	0.00070
3	$QS = 10-3.2 A-0.21P9h1.21$	0.00083	0.01450
4	$QS = QM$	0.00001	0.00005

En el Cuadro anterior se observa que, el aporte de sedimentos en la cuenca a regular no es significativo, sin embargo con un criterio conservador, se ha considerado un aporte anual de sedimentos de 0.00083 MMC , lo que representa para 50 años de vida útil del embalse un volumen muerto 0.04 MMC .

9.2.4 DRENAJE SUPERFICIAL

La posición de la Cordillera Oriental (Cordillera Razuhuilca) origina hieográficamente el desarrollo de cuatro micro cuencas estas son: Cha'co – Pongora – Cachi (lado Oeste), Tambo (lado Este), Yucay (lado SE) y Mantaro (lado Norte); las mismas son integrantes de la sub cuenca Apurimac – Ucayali, cuenca del río Amazonas y vertiente del Océano Atlántico.

El área de los embalses están ubicadas en la microcuenca del río Cha'co - Pongora – Cachi, considerado como el colector principal en la región, al que drena el río Ayahuarcuna formada por la confluencia de los ríos Azafrancucho y Yanacocha.

Paralelos a los ríos mencionados se desarrollan otros ríos que tienen su origen en el mismo Bloque Razuhuilca flanco Occidental, estos son hacia el lado Norte: Mituhuayco, Oacha, Tantar, Jarapa y Huanta; hacia el SE tenemos a Yuncuna y Pallca.

El modelo de drenaje desarrollado regionalmente es dendrítico y localmente sub paralelo.

Una de las características del drenaje dendrítico es la textura desarrollada, y de acuerdo al grado de densidad son: grueso, mediano y fino. En el área del proyecto la textura del drenaje son gruesos y finos; la textura fina se desarrolla en las partes altas y en unidades antiguas o maduras (Grupo Mitu), y la textura gruesa en la parte baja en unidades más jóvenes como Formación Ayacucho y Depósito Aluvial, en los cuales el drenaje ha profundizado los cauces pero con una densidad menor o espaciada.

El drenaje desarrollado en el área de los embalses son del tipo longitudinal, los cursos de agua aprovechan los ejes de los sinclinales, en la parte media (área de riego) el drenaje es transversal porque disectan a unidades recientes como Formación Ayacucho y Depósito Aluvial, en la parte baja el río colector principal Ch'aco (pongora) - Cachi es longitudinal porque sigue el eje de la depresión Ayacucho - Huanta.

9.3.0 PROCESOS DE GEODINAMICA INTERNA

9.3.1 SISMICIDAD REGIONAL

De acuerdo al Capítulo Sismicidad Regional, sabemos que para el periodo sísmico 2000 al 2003 la Región Cordillera Oriental (Bloque Razuhilca - Cobriza) se ha comportado relativamente como zona asísmica, delimitado por tres zonas sísmicas activas; los sismos ocurridos en estas zonas inciden al área de los embalses con intensidades MM y magnitudes mb Richter bajos y dentro de los límites permisibles, es decir atenuados..

La zona sísmica 1 es la más próxima al área de los embalses y corresponde a Campo Armiño ubicado al Norte, a distancias entre 8 a 10 Km, con Magnitudes Richter 3,0 a 3,8 mb e Intensidades II a III MM considerado leve; las ondas sísmicas son atenuadas al área del proyecto del siguiente modo:

- Al embalse Yanacocha, con 30,93 % de aceleración máxima y 30,30 % de coeficiente sísmico (g).
- Al embalse Azafrancucho, con 31.21 % de aceleración máxima y 30.30 % del coeficiente sísmico (g).

La zona sísmica 2 ubicada al SE y distancias entre 8 a 58 Km, con magnitudes Richter 3,2 a 5,0 mb e Intensidades II a V MM considerado moderada, atenúa al proyecto del siguiente modo:

- Al embalse Yanacocha, con 19,73 % de aceleración máxima y 16,31 % de coeficiente sísmico (g).
- Al embalse Azafrancucho, con 19.72 % de aceleración máxima y 16.13 % de coeficiente sísmico (g).

La zona sísmica 3 ubicada al SO a distancias entre 20 y 60 Km, con magnitudes Richter 3,8 a 4,3 mb e intensidades II a IV MM considerada muy activa, atenúa al área del proyecto del siguiente modo:

- Al embalse Yanacocha, 16,31 % de aceleración máxima y 16,13 % de coeficiente sísmico (g).
- Al embalse Azafrancucho, 16,32 % de aceleración máxima y 16,13 % de coeficiente sísmico (g).

9.3.2 VULNERABILIDAD FÍSICA

Existen varias formas de vulnerabilidades que comprometerían a las estructuras de los embalses en su conjunto y generarían serios problemas económicos a los agricultores, entre los cuales se mencionan al colapso parcial o total de las estructuras de los diques, el cual puede ser de manera natural y/o provocada (intencional).

El colapso del dique podría ocurrir en el material de cimentación cuando el diseño no esté ajustado a las condiciones del material y/o la construcción no está ceñida a los planos del diseño hidráulico y a las especificaciones técnicas de obra elaboradas para tales casos, por los cuales las estructuras hidráulicas ofertaría la debilidad del caso frente a las solicitaciones de los esfuerzos exteriores (extrañas).

El material de cimentación es permeable a semi - impermeable y en estado ligeramente húmedo pero con flujo muy lento, y para efectos de estanqueidad el diseño hidráulico ha considerado un dentellón de material impermeable hasta la profundidad de 15 metros para el dique Azafrancucho y 10 metros para el dique Yanacocha en las partes centrales, a su vez contempla un manto impermeable con geomembrana hasta una longitud de 100 metros aguas arriba a partir del pie del dique; con estas disposiciones se cree la reducción de filtraciones sea mínima y/o los sifonajes no se presenten, y además no habría erosiones tanto del material de cimentación como de los dentellones.

En cuanto al colapso del dique provocado intencionalmente por manos ajenas como el terrorismo u otro medio no especificado, quienes con uso de cargas explosivas u otro medio podrían comprometer a las estructuras de los diques, captaciones, canales y/o reservorios, ó también esparciendo sustancias químicas para contaminar el agua.

Aguas abajo de los embalses existen varias captaciones para ambos sectores agrícolas (Huamanguilla y Macachacra), los cuales serían barridos con el volumen del agua en casos de colapso y las dejarían sin agua. Asimismo las carreteras que unen las localidades mencionadas y el puente de la carretera Huamanga – Huanta serían cortados dejando sin comunicación a la zona.

Afortunadamente, en el trayecto del río Ayahuarcuna hasta la confluencia al río Cachi en su cauce y riberas no existen asentamientos

poblaciones, las áreas agrícolas son mínimas dado la estrechez del valle, sin embargo es necesaria la prevención del caso, al respecto las autoridades locales, Junta de usuarios y Defensa Civil tienen la obligación de la vigilancia así como la capacitación y simulacros correspondientes como una manera de mitigación del desastre.

.....

CAPITULO X

DISEÑO HIDRAULICO

10.1.0 EMBALSE YANACocha

El embalse Yanacocha está proyectado en el río del mismo nombre, sobre la cota de 3 972,80 msnm, y la cota de corona alcanzará 3 994,00 msnm, diseñada para almacenar un volumen total de 3,96 MMC, de los cuales el volumen muerto será de 0,420 MMC, el volumen que podría perder por efectos de filtraciones a través de los materiales de cimentación alcanzaría a 0,13 MMC y el volumen neto de conservación será de 3,41 MMC.

El cuerpo de la presa será de sección compuesta y diseñado con los materiales del lugar.

10.1.1 ESTRUCTURA DEL DIQUE

La estructura del embalse diseñado está conformado por un dentellón de cimentación, un tapete impermeable aguas arriba de la presa, núcleo, espaldones, rip rap, drenes y filtros. Ver figura N° 10,01.

- El dique tiene las siguientes dimensiones: altura de 21,20 m en su sección máxima, 5,50 m. de ancho en la corona, longitud de 282,50 m. y está confinada en ambas márgenes del río.
- El nivel de agua máxima del embalse (NAME) será de 3 992,50 msnm.
- El nivel de agua máxima ordinaria (NAMO) será de 3 991,90 msnm.
- El nivel de aguas mínimas (NAMI) será de 3 976,10 msnm.
- El bordo libre máximo es de 2,00 m y el mínimo es de 1,40 m.
- La cota de corona será de 3 994,00 msnm.
- La longitud de coronación será de 282,50 m.

A.-Dentellón

Por ser el material de la cimentación permeable según la Prospección Geoeléctrica y Geotecnia, se ha considerado un dentellón de sección trapezoidal de 6,00 m de ancho en la base, talud 1:1, profundidad variable con 20,00 m la profundidad máxima.

El material del dentellón será de Grava arcillosa (GC) y/o Arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL) construida en toda la longitud.

B.-Tapete impermeable

Para garantizar la estanqueidad del área de inundación (aguas abajo de la laguna Yanacocha) y evitar las pérdidas excesivas por filtración a través de los materiales de cimentación considerado como

permeables, se ha diseñado un tapete impermeable con material de geomembrana de 80 m de longitud, ancho de 189,00 m, ubicado aguas arriba del dique en los tramos con probable alta permeabilidad del subsuelo.

El tapete consta de una capa de material Arcilla inorgánica (CL) con 0,30 m de espesor, una capa de geomembrana por 1,50 mm de espesor, otra capa de geotextil de amortiguamiento y protección de Polipropileno No Tejido y una capa de Geoweb con espesor 100 mm relleno con material suelo-cemento en proporción 4:1, mejorando de esta manera la impermeabilidad del tapete.

C.-Núcleo

Es la zona interior e impermeable del cuerpo de la presa, el material considerado será de Grava arcillosa (GC) y/o Arcilla inorgánica, las dimensiones serán 3,50 m de ancho en la corona, taludes de 0,75:1 aguas arriba y aguas abajo, altura variable y unida tanto al dentellón y tapete impermeable.

D.-Espaldones

Los espaldones de ambos lados constituyen la parte permeable del cuerpo de la presa, y son de mucha ayuda para la estabilidad de la estructura. El material del espaldón será mediante el enrocado: Grava bien graduada (GW), con taludes de 2,5:1 y 2:1 aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

E.- Rip Rap

El talud aguas arriba del embalse será protegido contra el oleaje, el material será mediante enrocado seleccionado.

F- Filtro

El filtro consta en varias capas de material permeable (arena, grava) con 2,00 m de espesor, ubicado entre el núcleo y el espaldón del talud aguas abajo de la presa, su función es permitir el drenaje, evitando al mismo tiempo el movimiento de las partículas de la cimentación debido a la circulación del agua.

G.- Drenes

El dren será de material permeable (arena, grava) con 2,00 m de espesor y colocado entre el material de cimentación y la zona permeable del talud aguas abajo de la presa, su función es permitir el drenaje, evitando al mismo tiempo, el movimiento de las partículas de la cimentación debido a flujo del agua.

10.1.2 ESTRUCTURAS CONEXAS

A.- TOMA Y CONDUCTO DE DESCARGA

1.- Toma

La estructura de captación se ha diseñado para un caudal de $0,8 \text{ m}^3/\text{seg.}$, consta de un marco de concreto armado $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con $1,50 \text{ m}$ de longitud, $1,50 \text{ m}$ de ancho, $2,80 \text{ m}$ de altura, con $0,50$ y $0,40 \text{ m}$ de espesor en los muros y losas respectivamente, lleva una rejilla de $1,50 \times 1,50 \text{ m}$ con platinas de $\frac{3}{4}'' \times 1''$ espaciadas a 10 m. , este marco será de concreto unido a la tubería de descarga mediante una zona de transición vertical.

2.- Tubería de descarga

La tubería de descarga está diseñada para resistir presiones, con las siguientes dimensiones: $0,50 \text{ m}$ de diámetro interior, $0,90 \text{ m}$ de diámetro exterior, longitud de $102,00 \text{ m}$, pendiente $s = 0,029$, estará apoyada sobre una losa de concreto cada $5,00 \text{ m}$, la tubería tendrá una viga collar con $0,30 \text{ m}$ de ancho, esta estructura será de concreto armado $f'c=210 \text{ Kg./cm}^2$.

En la tubería serán colocadas dos compuertas, una de emergencia y la otra de regulación con $0,40 \times 0,40 \text{ m}$ ubicadas en el núcleo de la presa, a la cual se accederá mediante un pozo de maniobras de compuerta con $3,50 \text{ m}$ de diámetro.

3.- Poza disipadora

La poza disipadora es del tipo impacto, consta de una caja de $4,25 \text{ m}$ de longitud, $3,15 \text{ m}$ de ancho y una altura de $2,50 \text{ m}$, con muros y losas de $0,30 \text{ m}$ de espesor, tiene un baffle de $1,20 \text{ m}$ de altura, $3,15 \text{ m}$ de longitud y $0,25 \text{ m}$ de espesor, esta poza disipadora es de concreto armado $f'c=210 \text{ Kg./cm}^2$.

4.- Pozo de compuertas

El pozo de compuertas esta ubicado en el núcleo de la presa, con $3,40 \text{ m}$ de diámetro, altura $21,58 \text{ m}$, $0,25 \text{ m}$ de espesor, la losa del piso será $0,50 \text{ m}$ de espesor y la losa de maniobras de las compuertas será $0,20 \text{ m}$ de espesor, esta estructura será de concreto armado $f'c=210 \text{ Kg./cm}^2$.

En las paredes del pozo estarán anclados los escalones de acero que permitirán el acceso a las compuertas.

10.1.3 ALIVIADERO DE EXCEDENCIA

1.- Vertedero

Esta estructura estará ubicada en el estribo derecho, diseñada para una capacidad de evacuación $15 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con una carga de 0,60 m, forma semicircular, tendrá una longitud de 18 m, una sección transversal de ancho variable, con taludes verticales, la losa será anclada al piso por medio de un dentellón de sección trapezoidal con ancho en la base 0,30 m, profundidad 1,50 m, el control se realizará mediante la cresta vertedera sin compuerta, tanto los muros y losas serán 0,30 m de espesor y empalmará con el canal de excedencia, el cual tendrá la misma capacidad que el aliviadero..

2.- Canal Aliviadero

El canal de excedencias tiene una capacidad para evacuar un volumen de $15 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con longitud de 206 m, tendrá tres tipos de secciones transversales, los detalles se describen a continuación:

Sección Tipo I. - Tiene una longitud de 90,00 m, pendiente $s = 0,0025$, talud 0,5:1, ancho de base 2,1 m, altura de 2,20 m mediante una transición horizontal de 4,00 m de longitud para empalmar a la sección Tipo II.

Sección Tipo II. - Su longitud es de 46,00 m, pendiente $s = 0,0025$, talud vertical, ancho de base 3,20 m, altura de 2,10 m.

Sección Tipo III.- Este tramo tendrá una longitud de 70,00 m, pendiente $s = 0,25$, talud vertical, ancho de base 3,20 m, altura 1,80 m, con pendiente pronunciada por lo que necesitará de una poza amortiguadora.

3.- Poza Amortiguadora

La transición a la poza amortiguadora es una curva vertical de 10,44 m de longitud y 4,78 m de desnivel, varía horizontalmente de 3,20 m a 3,80 m de ancho.

Mediante un tramo pronunciado con talud 2:1 se conecta la trayectoria con la poza disipadora, esta poza tiene una longitud de 17,00 m, ancho de 3,80 m, altura de 5,00 m.

Los muros de la poza son de sección trapezoidal con 0,60 m de ancho en la corona, 2,30 m de ancho en la base, 5,00 m de altura, y losa del piso con 0,50 m de espesor.

Esta poza se conecta al canal Tipo I por una transición horizontal con 15,19 m de longitud.

Sección Tipo I. – Esta sección tipo ubicada después de la poza tiene una longitud de 43,56 m luego el caudal de excedencias entrega al cauce del río Yanacocha.

Esta estructura del aliviadero y del canal de excedencias son de concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30\%$, PM.

4.- Canal Alimentador

Actualmente, existe un canal en tierra abandonada que alimentaba a la laguna Yanacocha, fue construida por los usuarios en años anteriores. Durante la fase de obra el Residente / Contratista realizará en el campo la rehabilitación del trazo de canal alimentador para incrementar el volumen de agua en los periodos húmedos y optimizará la sección del canal.

10.1.4 CASETA DE CONTROL Y GUARDIANIA

La caseta de control y guardianía será diseñada por el Residente / Contratista de tal manera que pueda proporcionar confort y abrigo a las personas que realicen la labor de inspección, vigilancia y control del embalse.

10.2.0 EMBALSE AZAFRANCUCHO

El embalse Azafrancucho está emplazado en el Río del mismo nombre, sobre la cota de 3962 msnm, lecho del río, y cota de corona con 3992,35 msnm, diseñado para almacenar un volumen total de 6,168 MMC, de los cuales el volumen muerto será 0,140 MMC y el volumen de conservación en 6,028 MMC.

El cuerpo del dique es de sección compuesta diseñado para ser construido con los materiales de la zona, es decir de tierra zonificada.

10.2.1 ESTRUCTURA DEL DIQUE

La estructura está conformada por un dentellón, un tapete impermeable aguas arriba de la presa, núcleo, espaldones, rip rap, drenes, filtros y una transición. Ver figura N° 10,02. El dique principal tiene las siguientes dimensiones:

- Altura 30,00 m en su sección máxima.
- Ancho de corona 7,00 m.
- Longitud corona 329,50 m, confinada en ambas márgenes del río.
- Nivel de agua máxima del embalse (NAME) 3 990,95 msnm.
- Nivel de agua máxima ordinaria (NAMO) 3 990,35 msnm.
- Nivel de agua mínimas (NAMI) 3 975,35 msnm.
- Borde libre máximo es 2,00 m y el mínimo es 1,40 m.
- Cota del piso (río) es 3 962,35 msnm.
- Cota de corona es 3 992,35 msnm

A.- Dentellón

Dado que el material de cimentación es permeable se ha considerado un dentellón de sección trapezoidal con 6,00 m de ancho en la base, con talud 1:1, profundidad variable hasta 30,00 m la máxima.

El material para el dentellón será de Grava arcillosa (GC) y/o Arcilla inorgánica (CL) y se construirá en toda la longitud tal como está diseñada.

B.- Tapete Impermeable.

Para garantizar la estanqueidad del embalse y evitar las pérdidas excesivas del agua por infiltración se ha considerado un tapete impermeable en 120 m de longitud, ancho de 151,80 m, ubicado aguas arriba del dique, zona estimada como permeable.

El tapete será de material predominantemente arcilloso con 0,20 m de espesor, una capa geomembrana con 1.50 mm de espesor, otra capa de geotextil para amortiguamiento y protección e Polipropelino No Tejido y una capa Geoweb de 100 mm relleno con material suelos-cemento en proporción 4:1 para optimizar de éste modo la impermeabilidad del tapete.

C.- Núcleo.

En la zona impermeable del dique, el material a emplearse será de Grava arcillosa (GC) y/o Arcilla inorgánica (CL) con dimensiones de 4,00 m de ancho en la corona, taludes 7.5:1 y 1:1 aguas arriba y aguas abajo respectivamente, en una altura variable y unida al dentellón y al tapete impermeable.

D.- Espaldones.

Los espaldones constituyen la parte permeable en el cuerpo del dique, y son de mucha ayuda para la estabilidad de la estructura. El material del espaldón será de enrocado Grava bien graduada (GW) con taludes de 3:1 y de 2.5:1 aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

E.- Rip Rap.

Viene a ser una estructura de protección contra el oleaje mediante el enrocado, ubicado en el talud aguas arriba de la presa.

F.- Filtro.

El filtro consta de capas de material permeable (arena, grava) con 2,00 m de espesor, que se ubica entre el núcleo y el espaldón ubicado en el talud aguas debajo de la presa, su función será el de permitir el

drenaje, para evitar que al mismo tiempo ocurra el movimiento de las partículas del suelo debido a la circulación del agua a presión.

G.- Drenes.

El dren es el material permeable (arena, grava) con 2,00 m de espesor que será colocado entre el material de cimentación y la zona permeable del talud aguas debajo de la presa, su función es permitir el drenaje, para evitar que ocurra al mismo tiempo, el movimiento de las partículas del suelo debido a la circulación del agua a presión.

10.2.2 ESTRUCTURAS CONEXAS

A.- TOMA Y CONDUCTO DE DESCARGA

1.- Toma.

La estructura de captación está diseñada para un caudal de 1,00 m³/seg., consta de una caja de concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con 1,50 m de longitud, 1,50 m de ancho, 1,85 m de altura y 0,20 m de espesor en muros y losas, lleva una rejilla de 1,50 x 1,50 m con platinas de $\frac{3}{4}$ " x 1" espaciados a 0,10 m., esta caja de concreto será unida a la tubería de descarga mediante una transición vertical.

2.- Tubería de Descarga.

La tubería de descarga está diseñada para el trabajo a presión, sus dimensiones son 0,60 m de diámetro interior, 1,10 m de diámetro exterior, con longitud de 174,50 m y pendiente $s = 0,023$, apoyada sobre una losa de concreto, cada 5.00 m la tubería tiene una viga collar con 0,30 m de ancho, esta estructura será de concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

En la tubería se ha colocado dos válvulas, una es la válvula de compuerta de 16" ubicada en el núcleo de la presa a la cual se accederá mediante una poza con 2,00 m de diámetro, y otra válvula para regulación de 16" ubicada aguas abajo del dique inmediatamente antes de la poza disipadora.

3.- Poza Disipadora.

La poza disipadora es del tipo impacto, es una caja con 4,80 m de longitud x 3,60 m de ancho, y una altura 2,90 m, con muros y losa de espesor 0,30 m, tiene un bafle con 1,30 m de altura, 3,60 m de longitud y 0,20 m de espesor, su construcción será de concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

10.2.3 ALIVIADERO DE EXCEDENCIAS

1.- Vertedero

Esta estructura ubicada en la margen derecha del dique, diseñada para una capacidad máxima de evacuación hasta de $25 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con una carga de 0,60 m, con la forma del tipo pico de pato, tendrá una longitud de 27,00 m, una sección transversal de ancho variable, con taludes 0,5:1, la losa será anclada al piso por medio de un dentellón de sección trapezoidal de ancho en la base 0,30 m, hasta una profundidad 1,50 m, el control se realiza mediante la cresta tipo cimacio sin compuerta, los muros y losas son 0,30 m de espesor y empalmará con el canal de excedencias, el cual tendrá la misma capacidad que la estructura del aliviadero.

2.- Canal Aliviadero.

El canal de excedencias diseñado tiene una capacidad máxima de $25 \text{ m}^3/\text{seg.}$, una longitud de 305,00 m, con tres tipos de sección transversal los que se describen a continuación:

Sección tipo I.- Tiene una longitud de 105,00 m, pendiente $s = 0,0025$, talud 0,5:1, ancho de base 4,00 m, altura de 1,80 m, y mediante una transición horizontal de 5,00 m de longitud empalmará con la sección del tipo II.

Sección tipo II.- Su longitud es de 100,00 m, pendiente $s = 0,24$, talud vertical, ancho de base 4,00 m, altura 1,20 m, este tramo será con pendiente más pronunciada por lo que necesita de una poza amortiguadora.

Sección tipo III.- Tiene una longitud de 31,00 m, pendiente $s = 0,002$, talud vertical, ancho de base 4,00 m, altura de 2,00 m, y entregará el caudal de excedencias al río Azafrancucho.

3.- Poza Amortiguadora.

La transición a la poza amortiguadora es una curva vertical en 8,62 m de longitud y 3,85 m de desnivel, varía horizontalmente de 4,00 a 6,00 m de ancho.

Mediante un tramo pronunciado con talud 2:1 se conecta la trayectoria con la poza disipadora, esta estructura tiene una longitud de 17,90 m, por 6,00 m de ancho y 4,50 m de altura.

Los muros de la poza son de sección trapezoidal con 0,60 m de ancho en la corona, 2,30 m de ancho en la base, 4,50 m de altura y la losa de piso con 0,50 m de espesor. Las dimensiones y especificaciones se indican en los planos. Esta poza se conecta al canal tipo III por una transición horizontal con 5,87 m de longitud.

El canal aliviadero llevará bermas de 0,50 m y 1,00 m en la margen derecha e izquierda respectivamente.

Esta estructura del aliviadero y del canal de excedencias serán de concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2 + 30 \% \text{ PM}$.

10.2.4 CAMINO DE ACCESO.

El camino de acceso tiene una longitud de 4+210 Km, 4,00 m de ancho, lleva una cuneta de 0,50 m de ancho y 0.30 m de profundidad, talud de corte variable, de acuerdo al tipo de terreno. Este camino de acceso une los embalses Yanacocha con Azafrancucho, y el trazo se ha realizado teniendo en cuenta los criterios de pendiente máxima, radios mínimos, etc.

Al cauce del río Yanacocha lo cruzará en un badén, cuyas dimensiones se indica en los planos respectivos.

10.2.5 CASETA DE CONTROL Y GUARDIANA.

La caseta de control y guardianía será diseñada por el Contratista en la etapa de Obra, de tal manera que pueda proporcionar confort y abrigo a las personas que realicen la labor de inspección y control del embalse.

10.3.0 CONSIDERACIONES Y CRITERIOS

10.3.1 DISEÑOS HIDRAULICOS

Para el diseño de los diques se ha considerado los coeficientes de permeabilidad conservador para los tramos que los estudios geoelectrónicos indican resistividades menores.

Por efectos constructivos, se eligió los dentellones de sección trapezoidal. El cuerpo de los diques se ha diseñado con materiales de la zona.

Se ha disminuido la permeabilidad del área de las inundaciones incluyendo un tapete impermeable de arcilla, geomembrana, geotextil y/o Geoweb relleno con material suelo – cemento para proteger la geomembrana y geotextil del vandalismo.

Las tuberías trabajarán a presión y con carga hidrostática.

Los aliviaderos trabajarán libremente y tendrán capacidades para las máximas avenidas con un periodo de retorno de 50 años.

Los canales aliviaderos se adecuarán a la morfología de la zona en los tramos con pendientes fuertes, en los tramos con pendientes suaves se ha diseñado para una máxima eficiencia.

Se ha evitado el diseño de transiciones largas en los aliviaderos

El camino de acceso para el embalse Azafrancucho se ha variado (gabinete) en la progresiva km 3+820.

10.3.2 DISEÑOS ESTRUCTURALES

Los parámetros para el diseño se han tomado considerando los resultados de los ensayos de Mecánica de Suelos.

Las normas técnicas a usarse para las obras civiles serán:

A.- REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES

- ITENTIC ó INDECOPI
- ACI (American Concrete Institute)
- USBR (US Bureau of Reclamation)
- ASTM (American Society for Testing Materials)
- AASHTO (American Asociation of state Highway Oficiales)
- ISO (International Standar Organization)

B.- PARA EL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

- ASTM (American Society for Testing Materials)
- AWS (American Weiding Society)
- ISO (International Standard Organization)
- NEC (National Electric Code)

10.4.0 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

10.4.1 OPERACIÓN

Durante la fase de operaciones se deberán hacer descender el nivel del embalse al recibir el aviso de tormentas para dejar espacio al agua de las avenidas.

Las instrucciones para la operación del equipo mecánico deben seguirse fielmente para evitar daños a cualquiera de las instalaciones por mala operación.

10.4.2 MANTENIMIENTO

Se realizarán las conservaciones de rutina para los taludes del terraplén y de la corona, sin embargo cualquier condición anormal que pueda afectar la seguridad de los diques debe reportarse rápidamente al igual que la necesidad anormal de mantenimiento:

- Se inspeccionará regularmente los diques para comprobar que no se han presentado condiciones desfavorables.
- Durante el llenado rápido del vaso, el talud aguas abajo del terraplén y la cimentación del terraplén deben inspeccionarse cuidadosamente a intervalos frecuentes, buscando indicaciones de grietas, deslizamientos, tramos licuados, asentamientos, defectos en la protección de los taludes, filtraciones ó zonas lodosas producidas por las filtraciones del vaso.
- El Talud mojado también tiene que inspeccionarse cuidadosamente después de los vientos sostenidos de alta velocidad y cuando se hace descender el nivel del agua en el vaso, para descubrir grietas, derrumbes, material licuado, asentamiento o daños en la protección del talud como el dislocamiento del enrocado u otros signos serios de erosión.
- Durante los periodos en que el agua del vaso se encuentra en un nivel bajo, la ladera expuesta y el piso del vaso deben examinarse para ver si se han formado hundimientos ó agujeros producidos por las filtraciones.
- En el periodo en que se mantiene el nivel del agua elevado por un largo tiempo se debe poner especial atención a la corona de los diques y a los taludes aguas arriba y aguas abajo para comprobar que no se hayan producido anomalías en esos sectores.
- Se estimulará y protegerá la vegetación en los taludes del vaso para evitar la erosión y licuación de los márgenes, sedimentación y para el embellecimiento de la estructura.

CAPITULO XI

COSTOS Y PRESUPUESTO DE OBRAS

11.1.0 INTRODUCCION

El Presupuesto calculado es el resultado del análisis de costos unitarios y metrados de las partidas proyectadas según el diseño hidráulico, el cual es referencial por cuanto los precios de los materiales, mano de obra, equipos y herramientas están sujetos a la oferta y la demanda del mercado.

Las obras necesarias contempladas en el Presupuesto se sugiere sean consideradas en la partida como obras adicionales previa aprobación de la Supervisión.

11.2.0 COSTOS UNITARIOS

Los costos unitarios de las diferentes partidas se han elaborado teniendo en cuenta los precios de mano de obra, materiales, alquiler de equipos y 5% mano de obra por desgaste de herramienta, así como el requerimiento de cuadrilla indicada en cada uno de los costos unitarios.

Los costos de la mano de obra no calificada y calificada corresponden al lugar, para los costos de los equipos y materiales se ha tomado como referencia los indicados por CAPECO del 2003.

El costo de los materiales corresponde al precio de la ciudad de Huamanga y/o Lima, por lo cual se incluye los costos de fletes aproximados para el traslado a la obra mediante vía terrestre.

11.3.0 METRADOS

Se ha elaborado los metrados de las estructuras diseñadas según las diferentes partidas agrupadas del siguiente modo: obras provisionales, trabajos preliminares, dique, toma y conducto de descarga, pozo de maniobras, aliviadero de excedencias y badén (carretera de acceso).

11.4.0 PRESUPUESTOS GENERALES

11.4.1 EMBALSE YANACocha

Sobre la base de los costos unitarios y los metrados se ha elaborado el Presupuesto General de las Obras al mes de diciembre del 2003, cuyo valor total de la Construcción Presa Yanacocha asciende a la suma de Quince Millones Seiscientos veinticuatro Mil Quinientos ochenta y dos con 96/100 Nuevos Soles (S/. 15 624 582.96), que equivale a Cuatro Millones quinientos dos mil setecientos sesenta y uno con 66 /100 Dólares

Americanos (US 4 502 661), a razón del tipo de cambio a US \$ 1 = S/. 3.47 a diciembre del 2003, este Presupuesto corresponde a un procesos de licitación.

CUADRO N° 11,01

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE OBRAS
EMBALSE YANACOCCHA**

PARTIDAS	DESCRIPCION	COSTO S/. SUBTOTAL
A	Obras Preliminares	29 080.01
B	Trabajos Preliminares	170 788.00
C	Presa	4 652 362.46
D	Toma y Conducto de descarga	120 807.42
E	Pozo de maniobras	100 237.57
F	Aliviadero de excedencias	430 836.87
Total de Costo Directo		10 503 921.33
Gastos Generales (15 %)		1 575 585.20
Utilidad (10 %)		1 050 292.13
Sub Total		13 129.401.86
IGV (18 %)		2 494 681.32
Costo General.		15 624 582.98

11.4.2 EMBALSE AZAFRANCUCHO

Con los costos unitarios y los metrados respectivos se ha elaborado el Presupuesto de obras cuyo valor total de la Construcción Dique de Azafrancucho, asciende a Treinta y siete millones ochocientos seis mil doscientos treinta y nueve con 90/100 Nuevos Soles (S/. 37 807 239.90) que equivale a Diez millones setecientos cuarenta mil cuatrocientos nueve con 06/100 Dólares Americanos (US \$ 10 740 409.06) a razón del tipo de cambio a US \$ 1 = S/. 3.52 a enero del 2003, este presupuesto corresponde a un proceso de licitación.

CUADRO N° 11,02

**RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE OBRAS
EMBALSE AZAFRANCHO**

PARTIDAS	DESCRIPCION	COSTO S/. SUBTOTAL
A	Obras Preliminares	948 000.56
B	Trabajos Preliminares	93 177.88
C	Presa	23 471 346.05
D	Toma y Conducto de descarga	170 212.06
E	Pozo de maniobras	119 570.20
F	Aliviadero de excedencias	826 101.35
Total de Costo Directo		25 631 349.08
Gastos Generales (15 %)		93 177.88
Utilidad (10 %)		2 563 134.91
Sub Total		32 039 186.35
IGV (18 %)		5 767 053.54
Costo General.		37 806 239.89

11.5.0 CRONOGRAMAS DE OBRAS

11.5.1 EMBALSE YANACocha

Se ha programado la obra para ejecutarse en un periodo de ocho (8) meses tal como lo indicamos en el cronograma de ejecución de las obras indicada en el Cuadro N° 11,03, la cuadrilla promedio considerado es el doble del indicado en los costos unitarios.

11.5.2 EMBALSE AZAFRANCUCHO

Se ha programado la obra para ejecutarse en 15 meses calendario, como se indica en el cronograma de obras indicado en el Cuadro N° 11,04 la cuadrilla promedio es el doble del indicado en los costos unitarios.

CUADRO N° 11,03

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA
Embalse Yanacocha

PART	DESCRIPCION	D U R A C I O N (Meses)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
A	Obras Provisionales								
B	Trabajos Preliminares								
C	Dique								
D	Toma y conducto de descarga								
E	Pozo de maniobras								
F	Aliviadero de excedencias								

CUADRO N° 11,04

CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA
Embalse Azafrancucho

PART	DESCRIPCION	D U R A C I O N (Meses)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Obras Provisionales	■	■													
B	Trabajos Preliminares	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
C	Dique		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
D	Toma y conducto de descarga					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
E	Pozo de maniobras					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
F	Aliviadero de excedencias					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
G	Badén															■

CAPITULO XII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1.0 CONCLUSIONES

- El Esquema Hidráulico tiene los siguientes componentes; dos micro cuencas de recepción hídricas independientes, dos embalses (Azafrancucho y Yanacocha), dos nuevos canales proyectados en niveles superiores (Huamanguilla II y Macachacra II) cada uno con dos reservorios para ser aplicados en el futuro el sistema de riego tecnificados, y dos sectores agrícolas que serán beneficiados con el Proyectado: Huamanguilla y Iguain (Macachacra).

- El estudio hidrológico ha definido las siguientes características:

Parámetros	Sector Macachacra Embalse Azafrancucho	Sector Huamanguilla Embalse Yanacocha	Nivel del Proyecto
Extensión micro cuencas	9.114 km ²	3,27 km ²	12.384 Km ²
Oferta hídrica	6.00 MMC	3.96 MMC	9.96 MMC
Area agrícola	3,504 has	2,090.78 has	5.086 has
Demanda hídrica	9.504 MMC	6.314 MMC	15.818 MMC
Capacidad embalses	6.168 MMC	3.96 MMC	10.128 MMC
Usuarios empadronados	501	954	1 455
Población beneficiada (Censo Nacional 1993)	4 408 hab.	1 770. hab.	6,178. hab.

- El periodo del 2000 al 2002, define tres zonas sísmicas ubicadas en alrededores del Proyecto, cuyos características se resume como sigue:

Zona Sísmicas	Categorías	Magnitud mb	Intensidad MM	Lugares más afectados
01	Leve	3.0 a 3.8	II a III	Campo Arminio
02	Moderada	3.1 a 5.0	II a V	Antabamba
03	Muy activa	3.8 a 4.3	II a IV	Lunahuaná - Ica

- En el área del Proyecto (embalses) no ha ocurrido sismo alguno, por lo cual se considera como zona asísmica (relativamente).
- Los parámetros sísmicos dinámicos máximos del área epicentral y la repercusión al área de los embalses son:

Zonas Sísmicas	Area Epicentral Ac, Máx.	g	Embalse Azafrancucho Ac. Máx.	g	Embalse Yanacocha Ac. Máx.	g
01	67.250	0.069	9.459	0.010	9.474	0.010
02	38.133	0.039	11.718	0.012	11.615	0.012
03	50.624	0.052	9.711	0.010	9.744	0.010

- . Como se observa, los resultados de incidencia son menores al coeficiente sísmico 0.020 g requerido para casos de embalses.
- El método geoelectrico aplicado en ambos embalses a identificado la existencia de una secuencia litológica hasta en siete horizontes, que relacionados con la geología superficial se ha determinado que los primeros horizontes H1 y H2 corresponden al Depósito Fluvio Glaciar, los horizontes intermedios del H3 al H6 pertenecen al Depósito Morrénico, y el horizonte H7 corresponde al Grupo Mitu ubicado en profundidad y considerado como el basamento general, la correlación de los horizontes en ambos embalses (cierre e inundación) son muy similares y la mismas época de ocurrencia.
- En la zona de cierre del embalse Yanacocha los ensayos de Mecánica de Suelos a definido varios tipos de suelos como Grava arcillosa (GC), Grava limosa (GM), Grava bien gradada a Grava limosa (GW-GM); la humedad natural varía de 7.7 % ligeramente húmedo a 37.51 % húmedo en la primera etapa de investigación, y de 8.36 % ligeramente húmedo a 39.76 % húmedo en la segunda etapa.
- La densidad también varía de 2.15 a 2.19 gr/cc considerados buenas, la permeabilidad a gravedad son $K = 1.4$ a 5.8×10^{-4} cm/seg permeables y 2.2 a 6.8×10^{-5} cm/seg considerados semi – impermeable.
- En la zona de cierre del embalse Azafrancucho se a determinado tipos de suelos como Arena mal gradada (SP), Grava pobremente gradada a Grava bien gradada (GP-GW), y Arcilla inorgánica (CL) de mediana plasticidad; y en la zona de inundación a Arena pobremente gradada (SP), Arena bien gradada (SW), Arena bien gradada a Arena limosa (SW-SM), Grava bien gradada a Grava arcillosa (SW-GC) y Arcilla inorgánica (CL) de baja plasticidad
- En la zona de cierre del embalse Yanacocha (calicatas) no se han encontrado verdaderos niveles de agua, ni flujos masivos proveniente de la laguna, los afloramientos existentes son muy localizados y parece indicar que los niveles de agua corresponden a las líneas de contacto de los depósitos de Morrena y el Fluvio Glaciar. En el área del embalse Azafrancucho el comportamiento del nivel freático es similar y hay ausencia de laguna glaciar.
- Las áreas de inundaciones están delimitadas por apéndices conformados por rocas volcánicas y sedimentarias del Grupo Mitu, revestidas por materiales glaciarios masivamente, imposibilitando fugas de agua aún a presiones altas. Las únicas

vías probables para la fuga del agua serían por las zonas de cierres cuando alcance el NAME,

- El Diseños Hidráulico ha tomando las condiciones hidrológicas, Geológico-Geotécnico de las zonas de cierre, para prevenir y mitigar las infiltraciones se ha considerado en ambos casos pantallas de impermeabilizaciones con materiales impermeables (Grava arcillosa / Arcillas inorgánica) hasta profundidades de 15 y 10 metros, además se incluyen tapetes de geomembrana aguas arriba de los diques con longitudes de 110 m.
- El porcentaje de pérdida de agua (3.2%) por la cimentación, se puede mejorar con el análisis de permeabilidad.
- Las superficies de los taludes tienen pendientes inclinados (Azafrancucho) a empinados (Yanacocha), conformados de materiales morrénicos de compacidad firmes, y con cobertura de de suelos residuales (procesos de meteorización) que permite el desarrollo de la vegetación, contribuyendo a la estabilidad natural y buena, es decir no existen coberturas con materiales sueltos como para ser modificados los taludes por sobresaturación y/o causen erosiones por las oleajes.
- Los materiales de préstamo necesarios para la construcción de los diques de tierra zonificada están ubicados en el área de influencia del Proyecto, enlazados por carretera desde el desvío (Huamanguilla a Quinua) hasta el lugar del emplazamiento de las obras, las mismas fueron evaluados por CISMID-UNI.
- Los volúmenes estimados de los materiales impermeables y semi – impermeables suman en total 250,705 MC entre las canteras B+C+B+C+D; el material permeable para espaldones de la cantera “A” se estima en 59,000 MC; y la cantera de rocas “R” en más de 65 500 MC; mientras la cantera de agregados está localizada en el río Cha’co – Pongora (a falta en la zona del Proyecto) distante a 20 km, es de buena calidad y existe en volumen suficiente.
- La ejecución de los estudios básicos complementarios según el Esquema Hidráulico propuesto, alcanza el nivel de factibilidad, por lo cual el Proyecto es viable para la siguiente fase de obras.

12.2.0 RECOMENDACIONES

- Durante la excavación de los dentellones en cada dique debe realizarse el mapeo geológico detallado.
- En la fase de obra es necesaria la ejecución de los ensayos de Mecánica de Suelos de verificación en los materiales de

cimentación (diques), así como la determinación de la capacidad portante de los materiales.

- El mapeo de horizontes de los tipos de suelos detallados en concordancia con los ensayos estándares realizados.
- Evaluación Geotécnica de los materiales de cimentaciones en base a los resultados de los ensayos de Mecánica de Suelos.
- Verificación de la calidad de los materiales de préstamo en base a los ensayos de Mecánica de Suelos, y zonificación de los materiales impermeables y semi impermeables (espaldones).
- Ejecución del estudio de sedimentología para cada embalse, para determinar el volumen de sedimentos aportantes y definir la evolución del volumen muerto que va a restar del volumen de agua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CARO RAMOS, María (2003 Informe interno), “Diseño de las Presas Yanacocha y Azafrancucho” del INRENA, Lima.
- CASTANY G. (1975), Prospección y Exploración de las aguas Subterráneas.- Editorial Omega, S.A. Barcelona, España.
- CISMID-UNI (1998), “Informe Preliminar: Verificación Geológica y Geotécnica de la Presa Yanacocha”.Lima.
- Ex –CORPAC, (1980 Informe interno), “Proyecto Irrigación Huamanguilla”.Huamanga.
- DAVILA BURGA, Jorge (1995) Diccionario Geológico, Talleres Gráficos Full Grafic S.R.L. Lima, Perú.
- INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (2003), Inventario de sismos del Perú, Lima.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (2003-2005), “Estudio a Nivel de Factibilidad del Proyecto Irrigación Huamanguilla – Iguain (Macachacra), Lima.
- LOPEZ y Otros (1996), “Geología del Cuadrángulo de Huanta” INGEMMET, Lima.
- MATOS ESPINOZA Erasmo (1997), “Estudio Hidrológico a Nivel Definitivo” del Proyecto Irrigación Guamanguilla, Lima.
- MEGARD F. (1968), “Geología de Huancayo” Boletín N° 18, INGEMMET, Lima..
- MONTOYA MENDOZA Germán (2002 Informe interno), “Estudio de Prospección Geofísica con fines de Geotecnia laguna Yanacocha y Azafrancucho”, Lima.
- NOA PACHECO Demetrio (1988 Informe interno), “Estudio Sismológico de la Presa Corral del Medio – Morropón” Piura, AFATER, Lima.
- QUICANÑA RAMOS Miguel (2002 Informe interno), Estudio Socio-Agro-Económico de Huamanguilla y Macachacra, INRENA, Lima.
- SILGADO F, Enrique (1978), “Histopria de los Sismos más notables ocurridos en el Perú 1913 al 1974, Boletín N° 03, INGEMMET, Lima.
- SOTO, Luis (1996 – 1-67 informe interno), “Expediente Técnico para la construcción de la Presa Yanacocha” CTAR Wari, Huamanga.
- TERZAGHI y PECK R, B. (1978), Mecánica de Suelos en Ingeniería Práctica, Editorial “El Ateneo” S.A. España.